

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LES EFFETS ARTICULATOIRES ET ACOUSTIQUES DES FORMES
CONGÉNITALE ET JUVÉNILE DE LA DYSTROPHIE MYOTONIQUE DE
TYPE 1 SUR LES VOYELLES DU FRANÇAIS

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN LINGUISTIQUE

PAR

MARIE BELLAVANCE-COURTEMANCHE

DÉCEMBRE 2015

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.10-2015). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Mes remerciements les plus chaleureux vont à la professeure Lucie Ménard, dont les qualités de chercheure, de mentor, de pédagogue et de psychologue ont été d'une grande inspiration pour moi au cours des deux dernières années. Son encadrement, teinté d'une attention remarquable et d'une grande confiance à la fois, m'aura permis de mener à bien ce projet, tout en me préparant pour d'autres défis.

Merci également aux professeurs Elizabeth Allyn Smith, Lori Morris et Denis Foucambert, qui ont accepté de faire partie de mon comité de lecture, et dont les conseils m'ont été précieux.

Un merci tout particulier aux membres professionnels du Programme des maladies neuromusculaires, sans la collaboration desquels ce projet n'aurait jamais vu le jour. Merci spécialement à Mme Sylvie D'Arcy, coordonnatrice clinique, Mme Marie-Christine Clément, orthophoniste, et Mme Catherine Desautels, ergothérapeute, de nous avoir partagé leur expertise et de nous avoir intégrés dans leur équipe. Nous tenons également à remercier nos participantes pour leur collaboration et leur générosité.

Merci aux membres du Laboratoire de phonétique de l'UQAM - Annie, Christine, Laureline, Lucile, Mélinda, Thomas et Paméla – grâce à qui mes journées de travail, durant ces deux dernières années dans un local sans fenêtres, m'ont paru remplies de soleil. Je tiens à remercier Paméla du plus profond de mon cœur pour sa présence dans ma vie depuis cinq ans; sans elle, sans son humour et sans son écoute, mes années d'université n'auraient pas été si belles.

AVANT-PROPOS

Cette étude a été réalisée en collaboration avec le programme des maladies neuromusculaires du Centre de Réadaptation Marie-Enfant. Œuvre au sein de ce programme une équipe multidisciplinaire ayant pour mission d'optimiser la participation sociale et la qualité de vie des jeunes qui font face à une maladie neuromusculaire. La coordonnatrice clinique du programme, Mme Sylvie D'Arcy, a abordé la professeure Lucie Ménard pour lui proposer de s'intégrer à un projet sur la parole impliquant une clientèle de jeunes atteints de dystrophie myotonique de type 1 (DM1). Le but de ce projet était de mieux comprendre la parole DM1 et de trouver des outils pour la décrire de manière quantitative. Il était proposé que ces renseignements, à moyen terme, soient utilisés pour préciser les plans d'intervention en orthophonie et en ergothérapie, ainsi que pour mesurer les effets de certaines interventions chirurgicales cranio-faciales ou de certaines mesures comme le port d'un collet. À long terme, ce projet aiderait à brosser un portrait plus détaillé de l'évolution de la maladie, et ainsi à mieux orienter les pratiques, en visant le maintien d'une parole intelligible, et donc d'une communication fonctionnelle, le plus longtemps possible, chez les jeunes atteints de DM1. Ce mémoire s'inscrit dans ces efforts de description de la dystrophie myotonique de type 1 chez les jeunes.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	iii
LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
RÉSUMÉ	xi
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	xii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I	
CADRE THÉORIQUE	3
1.1 Introduction	3
1.2 La dystrophie myotonique de type 1	3
1.2.1 Description générale.....	3
1.2.2 Les atteintes liées à la sphère orofaciale dans la dystrophie myotonique de type 1.....	6
1.3 Le rôle des muscles dans la production de la parole.....	8
1.4 L'atteinte de la fonction labiale et de la parole dans la dystrophie myotonique de type 1	18
1.5 Les outils de la phonétique expérimentale pour l'évaluation et l'intervention clinique	26
1.6 Question de recherche	28

CHAPITRE II	
MÉTHODOLOGIE.....	29
2.1 Introduction.....	29
2.2 Participants.....	29
2.3 Corpus.....	31
2.4 Tâche.....	34
2.5 Procédure expérimentale.....	37
2.5.1 Collecte des données.....	37
2.5.2 Traitement des données.....	41
CHAPITRE III	
RÉSULTATS.....	46
3.1 Introduction.....	46
3.2 Résultats acoustiques.....	46
3.2.1 Durée des syllabes.....	46
3.2.2 Valeurs formantiques.....	51
3.3 Résultats articulatoires.....	60
3.3.1 Analyse de la langue.....	60
3.3.2 Analyse des lèvres.....	75
CHAPITRE IV	
DISCUSSION.....	90
4.1 Introduction.....	90
4.2 Dimension acoustique.....	90
4.2.1 Durée des syllabes.....	90
4.2.2 Valeurs formantiques.....	91

4.3	Dimension articulaire.....	92
4.3.1	Langue.....	92
4.3.2	Lèvres.....	97
4.4	Portrait global des sujets	99
CHAPITRE V		
	CONCLUSION.....	104
	RÉFÉRENCES.....	107

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
1.1 Classement des voyelles du français selon les critères articulatoires; liens articulo-acoustiques	9
1.2 Classement des consonnes et des semi-voyelles du français selon les critères articulatoires	9
1.3 Musculature laryngée	10
1.4 Actions des muscles intrinsèques du larynx	11
1.5 Muscles du palais	12
1.6 Muscles de la bouche et de la mâchoire	14
2.1 Exemples d'images présentées	36
2.2 Schéma du montage	38
2.3 Exemple de montage.....	38
2.4 Disposition des capteurs	40
2.5 Exemple de segmentation dans Praat.....	41
2.6 Principes de caractérisation de la langue de Lingua (Ménard et al., 2011) à partir des contours sagittaux de la langue tracés dans Edgetrak (Li et al., 2005)	44
3.1 Moyennes et écarts-types de durée des syllabes (en msec), toutes consonnes et toutes voyelles confondues, pour chacune des conditions de parole, pour chaque paire de participantes.....	47
3.2 Schéma d'une configuration standard des voyelles selon les valeurs de F1 et de F2	51
3.3 Moyennes et écarts-types (en Barks) des premier et deuxième formants, pour les voyelles /a/, /i/ et /u/, pour chaque paire de participantes	52

3.4	Espace acoustique pour chaque paire de participantes, tel que déterminé par les voyelles cardinales /a/, /i/ et /u/, pour chacune des conditions de parole.....	55
3.5	Calcul de la distance euclidienne	57
3.6	Distances euclidiennes pour F1 et F2, toutes conditions confondues, pour chaque paire de participantes	57
3.7	Moyennes et écarts-types de courbure de la langue pour les voyelles /a/, /i/ et /u/, selon chacune des conditions de parole, pour chaque paire de participantes.....	61
3.8	Moyennes et écarts-types d'asymétrie de la langue pour les voyelles /a/, /i/ et /u/, selon chacune des conditions de parole, pour chaque paire de participantes.....	63
3.9	Moyennes et écarts-types d'antériorité de la langue pour les voyelles /a/, /i/ et /u/, selon chacune des conditions de parole, pour chaque paire de participantes.....	66
3.10	Moyennes et écarts-types de hauteur de la langue pour les voyelles /a/, /i/ et /u/, selon chacune des conditions de parole, pour chaque paire de participantes.....	69
3.11	Calcul de la distance euclidienne avec les données de hauteur et d'antériorité de la langue.....	72
3.12	Distances euclidiennes /a/-/i/, /a/-/u/ et /i/-/u/, pour l'antériorité et la hauteur, toutes conditions confondues, pour chacune des paires de sujets.....	72
3.13	Moyennes et écarts-types des différences d'ouverture des lèvres, par rapport à /i/, lors de la production de /a/ et /u/, selon toutes les conditions de parole, pour chaque paire de participantes	76
3.14	Moyennes et écarts-types des différences de protrusion des lèvres, par rapport à /i/, lors de la production de /a/ et /u/, selon toutes les conditions de parole, pour chaque paire de participantes	79
3.15	Moyennes et écarts-types des différences d'étirement des lèvres, par rapport à /i/, lors de la production de /a/ et /u/, selon toutes les conditions de parole, pour chaque paire de participantes	82

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
1.1 Résumé des liens entre structures anatomiques et traits articulatoires des phonèmes du français.....	17
1.2 Tableau récapitulatif des études de la fonction labiale et de la parole chez les patients atteints de dystrophie myotonique de type 1	24
2.1 Informations concernant l'audition des participantes DM1.....	30
2.2 Participants.....	31
2.3 Corpus	32
2.4 Possibilités de phrases élicitées	34
2.5 Conventions pour la segmentation dans Praat	42
3.1 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour les durées des syllabes, pour chaque paire de sujets, pour chacune des conditions	48
3.2 Résultats de l'ANOVA de Friedman quant à l'effet de la condition sur la durée des syllabes de chacun des participants	49
3.3 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour les comparaisons intrasujet entre chacune des conditions	50
3.4 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour les valeurs en Barks des voyelles /a/, /i/ et /u/, toutes conditions confondues	54
3.5 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour les distances euclidiennes /a/-/i/, /a/-/u/ et /i/-/u/, pour F1 et F2, toutes conditions confondues, pour chacune des paires de sujets.....	59
3.6 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour la courbure de la langue, pour chacune des voyelles dans les trois conditions de parole, pour chacune des paires de sujets.....	62

3.7	Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour l'asymétrie de la langue, pour chacune des voyelles dans les trois conditions de parole, pour chacune des paires de sujets.....	65
3.8	Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour l'antériorité de la langue, pour chacune des voyelles dans les trois conditions de parole, pour chacune des paires de sujets	68
3.9	Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour la hauteur de la langue, pour chacune des voyelles dans les trois conditions de parole, pour chacune des paires de sujets	71
3.10	Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour les distances euclidiennes /a/-/i/, /a/-/u/ et /i/-/u/, pour l'antériorité et la hauteur, toutes conditions confondues, pour chacune des paires de sujets	74
3.11	Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour la différence d'ouverture des lèvres de /a/ et /u/ par rapport à /i/, selon les trois conditions de parole, pour chacune des paires de sujets	78
3.12	Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour la différence de protrusion des lèvres de /a/ et /u/ par rapport à /i/, selon les trois conditions de parole, pour chacune des paires de sujets	80
3.13	Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour la différence d'étirement des lèvres de /a/ et /u/ par rapport à /i/, selon les trois conditions de parole, pour chacune des paires de sujets	84
3.14	Tableau récapitulatif des principaux résultats.....	85
4.1	Comparaison des distances euclidiennes acoustiques et articulatoires.....	96

RÉSUMÉ

Ce projet de recherche s'attarde à la production de la parole de jeunes atteintes de dystrophie myotonique de type 1 (DM1). La production de la parole requiert la participation de plusieurs muscles, qu'ils soient impliqués dans les déplacements de la langue ou encore qu'ils permettent de projeter ou d'étirer les lèvres. Or une maladie neuromusculaire comme la dystrophie myotonique de type 1 cause une faiblesse musculaire ainsi qu'une difficulté plus ou moins marquée à relâcher les muscles après une contraction. Quels effets cette condition entraîne-t-elle sur la production des phonèmes du français ? L'objectif de ce projet de recherche est d'étudier les effets articulatoires et acoustiques de ce déficit sur la production de la parole.

Trois jeunes, âgées respectivement de 10, 13 et 15 ans, et atteintes de la forme congénitale ou juvénile de la DM1, ainsi que trois jeunes contrôles appariées en âge, ont participé à une tâche de production de la parole lors de laquelle elles devaient prononcer des voyelles en syllabe ouverte, laquelle était intégrée à une phrase porteuse. Afin de mettre en relief les différentes stratégies articulatoires déployées par les sujets pour produire les phonèmes visés, trois conditions de parole étaient induites, soit la parole normale, la parole hyperarticulée et la parole rapide.

Les productions étaient recueillies d'une part de manière acoustique à l'aide d'un microphone. D'autre part, les mouvements articulatoires étaient enregistrés en temps réel grâce à un système synchrone composé du microphone, d'un appareil à ultrasons et d'un dispositif de capture de mouvements Optotrak.

Les données obtenues ont été analysées sur les plans acoustique et articulatoire. Les résultats révèlent qu'il existe bel et bien des différences, tant sur le plan acoustique qu'articulatoire, entre la parole de nos sujets atteints de la DM1 et celle de nos sujets contrôles. Une meilleure compréhension des caractéristiques de la parole DM1 pourra donner lieu à une meilleure évaluation orthophonique des jeunes atteints de la maladie, et permettra de cibler de manière plus précise les interventions.

Mots-clés : Dystrophie myotonique de type 1, production de la parole, acoustique, articulatoire

LISTE DES ABRÉVIATIONS

DM1	Dystrophie myotonique de type 1
CRME	Centre de réadaptation Marie-Enfant
F1	Premier formant
F2	Deuxième formant

INTRODUCTION

La production de la parole requiert la participation de plusieurs muscles, qu'on pense simplement aux lèvres qui s'arrondissent pour faire un /u/ ou qui s'étirent pour articuler un /i/, ou encore à la langue qui prend des formes diverses et qui se positionne à différents endroits dans la bouche pour faire, par exemple, un /d/ ou un /l/. Or la maladie neuromusculaire à laquelle on s'intéresse, la dystrophie myotonique de type 1 (DM1), cause une faiblesse musculaire ainsi qu'une difficulté plus ou moins marquée à relâcher les muscles après une contraction. La présente étude cherche donc à savoir quelles sont les conséquences de cette condition sur la production de la parole, en étudiant plus précisément les effets acoustiques et articulatoires de ce déficit sur la production des phonèmes du français.

Très peu d'études se sont attardées aux effets de la DM1 sur la parole, mais l'on sait de par les études sur la fonction labiale que les muscles faciaux sont affectés par cette condition, particulièrement chez les patients atteints des formes congénitale et juvénile de la maladie. Cette étude est, à notre connaissance, la première étude à inclure une analyse articulatoire de la parole chez les patients DM1. Elle est d'autant plus intéressante qu'elle se penche sur des patients d'un jeune âge, atteints des formes les plus sévères de la maladie.

La dystrophie myotonique de type 1 étant une maladie multisystémique dont l'atteinte varie énormément d'une personne à une autre, les cohortes de patients sont très hétérogènes. Notre approche se veut donc descriptive, un peu à la manière d'une étude de cas multiples. Nous avons demandé à trois jeunes patientes DM1, âgées

respectivement de 10, 13 et 15 ans, de participer à une tâche de production de la parole. Elles ont été pairées avec trois sujets contrôles appariées en âge et en sexe, qui se sont prêtées à la même tâche. Les productions de chaque participante DM1 ont ainsi pu être comparées avec celles de la participante saine du même âge.

La tâche, qui consistait à produire de courtes phrases élicitées par des images, était enregistrée de manière acoustique et articulatoire, à l'aide d'un système synchrone comprenant un microphone, un échographe et un dispositif de suivi de mouvements. Ce montage permettait de récupérer à la fois des données acoustiques, comme les valeurs formantiques et les durées des segments; et des données articulatoires, tant pour la forme et le positionnement de la langue que pour les mouvements des lèvres.

Le présent mémoire contient quatre chapitres. Le premier est destiné à apporter au lecteur les connaissances nécessaires à la compréhension du sujet traité ; il décrit la maladie observée et recense les études qui en ont traité, de divers points de vue. Il explique également en quoi les muscles contribuent à la production de la parole. Le deuxième chapitre expose la méthodologie du projet : y sont présentés les participants, le corpus, la tâche, ainsi que la procédure expérimentale, tant sur le plan de la collecte des données que de leur analyse. Le troisième chapitre met en lumière les résultats obtenus, d'une part pour les analyses acoustiques, et d'autre part pour les analyses articulatoires. Les résultats illustrés au chapitre trois sont l'objet d'une discussion au chapitre quatre, lequel tisse des liens entre les dimensions acoustique et articulatoire de la parole des sujets DM1, lorsque comparée à celle des sujets contrôles. Une conclusion permet d'observer avec un certain recul le travail effectué, et de faire le point sur les éléments à approfondir lors de recherches futures.

CHAPITRE I

CADRE THÉORIQUE

1.1 Introduction

Ce chapitre est voué à décrire la dystrophie myotonique de type 1, d'abord de manière générale, puis au regard de ses atteintes à la sphère orofaciale plus spécifiquement. Sera expliqué ensuite le rôle des muscles dans la production des phonèmes du français. Puis, les différentes études s'intéressant aux effets de la maladie sur la parole seront abordées. La place des outils et des techniques de la phonétique expérimentale dans l'évaluation clinique sera également mise en lumière.

1.2 La dystrophie myotonique de type 1

1.2.1 Description générale

La dystrophie myotonique de type 1, maladie neuromusculaire également rencontrée sous le nom de maladie de Steinert, constitue la forme de dystrophie musculaire la plus commune chez l'adulte (Desjardins, 2012; Veillette, Perron, & Desbiens, 1986). Sa prévalence mondiale est évaluée à 1 habitant sur 20 000, mais elle atteint des proportions plus sévères dans certaines régions du Québec, notamment en Estrie, où son taux approximatif est de 1/1500 (Martin, 1982, dans Veillette et al., 1986), et

dans les régions de Charlevoix et du Saguenay-Lac-St-Jean, où elle s'élève à environ 1/600 (Desjardins, 2012 ; Martin, 1982, dans Veillette et al., 1986).

La DM1 apparaît à la médecine comme l'une des maladies les plus complexes qui soient (Harper, 2001). Est en cause la nature extrêmement variable de la maladie, que ce soit par rapport à la sévérité de son atteinte ou à l'âge d'apparition – lequel peut aller de la période fœtale jusqu'à l'âge mûr – ou encore eût égard à la multiplicité des systèmes atteints (Harper, 2001, 2009). En effet, bien que la maladie touche principalement le système musculaire squelettique, du moins dans la plupart des cas, elle peut également comporter une atteinte cardiaque, respiratoire, endocrinienne, digestive, oculaire, de même qu'affecter le système nerveux central (Bouhour, Bost, & Vial, 2007).

La maladie se transmet héréditairement, sur un mode autosomique dominant. Ainsi, un parent affecté a 50% de risque de voir son enfant affecté à son tour (Harper, 2009). Dans tous les cas, l'unique gène altéré est situé sur le chromosome 19, où un trinucléotide CTG, qui se répète de 5 à 30 fois chez un sujet sain, se retrouve répété jusqu'à 2000 fois chez un sujet atteint (Serratrice, Pellissier, & Pouget, 1997). La dystrophie myotonique de type 1 possède aussi cette caractéristique qu'un enfant qui en est atteint le sera probablement de manière plus précoce et plus sévère que son parent : c'est le phénomène génétique d'anticipation (Harper, 2009).

Malgré les multiples formes que peut prendre la maladie, les spécialistes ont tendance à la regrouper en trois ou quatre grandes catégories, selon les auteurs. La forme classique, décrite par Steinert dès 1909, se retrouve chez des patients adultes ; l'âge d'apparition médian est d'environ 20 à 25 ans (Harper, 2001), mais se déploie de l'adolescence à la vieillesse – on parle alors quelquefois de la forme tardive (Desjardins, 2012 ; De Die-Smulders, 2000). La forme congénitale, pour sa part, n'est observée que depuis les années 1960 (Harper, 2001) ; elle est transmise par la mère dans une très forte proportion des cas, et touche les sujets dès la période utérine.

Ses manifestations sont différentes – et souvent plus sévères – que celles de la forme classique (Harper, 2001). La forme juvénile se trouve à mi-chemin entre l’atteinte congénitale et l’atteinte adulte ; bien qu’elle puisse apparaître aussi tôt que dans la petite enfance, ses symptômes sont généralement un peu moins lourds que ceux retrouvés dans la forme congénitale (Harper, 2001).

Dans la forme adulte, les principaux symptômes sont liés au système musculaire. La faiblesse musculaire se rencontre selon certains patrons : elle affecte bien souvent les muscles du visage, de la mâchoire, de la gorge et du cou, ainsi que les muscles des mains et les dorsofléchisseurs des pieds ; mais elle épargne la plupart du temps, du moins au début, les muscles plus gros comme ceux du tronc ou des cuisses (De Die-Smulders, 2000 ; Harper, 2009). Cette faiblesse musculaire est souvent accompagnée d’une raideur musculaire qui rend difficile la relaxation d’un muscle donné à la suite d’une contraction : il s’agit de la myotonie (Harper, 2009). Il est à souligner que les symptômes musculaires varient énormément d’un patient à l’autre, et que la myotonie, bien qu’importante pour le diagnostic, est souvent secondaire pour les patients, en comparaison avec la faiblesse musculaire (Harper, 2009). La vitesse de progression de l’affaiblissement est variable, généralement qualifiée de lente à modérée ; selon Mathieu, Boivin et Richard (2003, dans Desjardins, 2012), elle diminuerait la capacité à générer une force maximale d’environ 0,95% par année.

La forme congénitale, pour sa part, entraîne généralement des problèmes d’ordre un peu plus sévère, comme des troubles respiratoires ou des difficultés à têter ou à manger, surtout dans les premiers mois de vie. Ces problèmes, qui varient grandement selon les cas, découlent du fait que les muscles de ces bébés sont particulièrement faibles, voire sous-développés (Harper, 2009). D’autres symptômes cliniques inhérents à la forme congénitale de la DM1 comprennent l’hypotonie, la faiblesse des muscles du visage ainsi qu’un retard sur les plans du développement moteur et du développement de la parole (Schara & Schoser, 2006). En effet, dans la

forme congénitale, les problèmes musculaires s'accompagnent souvent (dans 73% des cas selon Harper, 2001) d'un déficit cognitif plus ou moins marqué. Les problèmes d'apprentissage et certaines conditions liées aux troubles du spectre autistique sont également communs chez ces jeunes (Ercolin et al., 2013). Les enfants atteints de la forme juvénile ne rencontrent pas à la naissance les difficultés citées pour la forme congénitale, mais présentent habituellement des problèmes cognitifs. C'est généralement un peu plus tard dans leur développement qu'on découvre que ces difficultés mentales s'accompagnent de problèmes physiques, notamment la faiblesse musculaire (Harper, 2009). De Die-Smulders (2000) associe aux formes congénitale et juvénile des difficultés concernant la parole.

1.2.2 Les atteintes liées à la sphère orofaciale dans la dystrophie myotonique de type 1

Si l'on peut constater des troubles de la parole chez les patients DM1, c'est que la sphère orofaciale est atteinte à divers degrés chez ces patients. Selon Harper (1979, dans Ödman et Kiliaridis, 1996), l'une des caractéristiques les plus précoces et les plus constantes chez les gens souffrant de la DM1 concerne la faiblesse bilatérale des muscles du visage et de la mâchoire. En appui à ces propos, l'étude d'Ödman et Kiliaridis (1996) suggère que l'activité des masseters et des muscles temporaux antérieurs était réduite de moitié chez les sujets atteints de la dystrophie myotonique de type 1. Chez les patients atteints congénitalement, la faiblesse de la mâchoire est généralement telle que la bouche demeure ouverte en position de repos (Harper, 2001).

Les difficultés liées à la production d'une parole intelligible, dans le cas de la dystrophie myotonique de type 1, s'expliquent à travers divers facteurs.

Le palais, généralement très affecté, mène souvent à une « parole nasale, indistincte », et peut entraver le développement de la parole chez les jeunes enfants (Harper, 2001). Cette faiblesse de la part des muscles palataux semble donner lieu, à moyen terme, à la forme étroite et très archée du palais qui est caractéristique chez les patients congénitaux (Harper, 2001).

La faiblesse combinée des muscles faciaux et palataux, ainsi que des muscles de la mâchoire, entraîne régulièrement des problèmes de production de la parole, qui peuvent aller jusqu'à des troubles de la communication chez les patients plus sévèrement atteints (Harper, 2001).

D'autres facteurs, distincts de la faiblesse musculaire ou encore en découlant, ajoutent aux difficultés de production de la parole. La myotonie en est un exemple. Ce défaut de relâchement des muscles entraîne rarement des problèmes cliniques sévères dans la DM1, contrairement à ce qui est observé dans la dystrophie myotonique de type 2 (DM2), mais peut tout de même survenir à l'occasion, se manifestant surtout par une raideur et une lenteur des muscles de la langue et de la mâchoire (Harper, 2001). Le même auteur note cependant que la myotonie ne semble pas se manifester dans la petite enfance, et qu'elle occupe rarement une place prépondérante dans les préoccupations des patients. De même, Dubowitz (1995), soutient que « la myotonie est souvent une composante relativement insignifiante [de la DM1], en comparaison aux autres caractéristiques du syndrome (p. 283) ». Serratrice et ses collègues (1997) affirment quant à eux que la myotonie spontanée – que l'on oppose à provoquée ou électrique – peut être nette, particulièrement au début de la maladie; elle se manifesterait surtout dans les mouvements de préhension, mais toucherait également « les muscles peauciers de la face et les muscles de la mastication et ceux de la langue (p.95) ». Ces mêmes auteurs ajoutent que la myotonie serait aggravée par la fatigue.

La fatigue nuirait aussi à l'articulation en général, selon Hilton-Jones (2004, dans Sjögreen, 2010) : « Articulation seemed to be sensitive to fatigue due to tiredness and sleepiness –symptoms that are common in individuals with DM1. (p.45)»

Ensuite, chez les sujets congénitaux, des changements d'ordre structurel dans l'ossature ou les tissus mous peuvent apparaître progressivement à la suite d'un affaiblissement musculaire prolongé – pensons à la lèvre supérieure en V renversé, à l'étroitesse du palais, au chevauchement des dents, ou encore à la malocclusion de la mâchoire –, et de ce fait entraver la parole (Serratrice et al, 1997 ; Harper, 2001).

Enfin, des facteurs plus centraux, comme les déficits cognitifs que l'on associe aux formes congénitale et juvénile, peuvent gêner le contenu du discours chez les patients, mais n'affectent l'articulation que dans des cas très sévères; dans la majorité des cas, les troubles de la parole sont surtout d'origine mécanique (Harper, 2001).

En ce qui a trait au larynx, quelques cas de paralysie partielle des cordes vocales ont été rapportés (Thomassen, 1948 et Caughey et Myrianthopoulos, 1963 ; dans Harper, 2001); toutefois, ces manifestations peu fréquentes ne semblent que rarement représenter un facteur central dans les troubles de la parole liés à la maladie.

1.3 Le rôle des muscles dans la production de la parole

Si l'on rencontre autant les termes « dysarthrique », « indistincte » ou « pauvrement formée » pour qualifier la parole des patients DM1, c'est bien parce que les muscles jouent un rôle d'avant-plan dans la production de la parole ; sans un contrôle moteur fin, il est beaucoup moins aisé de produire de façon optimale les différents contrastes entre les sons d'une langue donnée. D'un point de vue articulatoire, les phonèmes de toutes les langues humaines peuvent être décomposés suivant six critères (Martin, 1996), tel que démontré par les figures 1.1 et 1.2.

Figure 1.1 Classement des voyelles du français selon les critères articulatoires; liens articulo-acoustiques (adapté de Martin, 1996)

Position de la langue + avant			F2	Position de la langue + arrière			Conduit vocal + fermé
	Antérieures ¹		Centrales	Postérieures		F1	
	Non arrondies ²	Arrondies	Non arrondies	Non arrondies	Arrondies		
Fermées ³	i	y			u	Conduit vocal + ouvert	
Mi-fermées	e	ø			o		
Moyennes			ə				
Mi-ouvertes	ɛ / ě ⁴	œ / œ̃			ɔ / ɔ̃		
Ouvertes	a			ɑ / ǣ			

1. Lieu d'articulation // 2. Labialité // 3. Mode d'articulation // 4. Résonance

Articulateur : Toutes les voyelles utilisent le dos de la langue

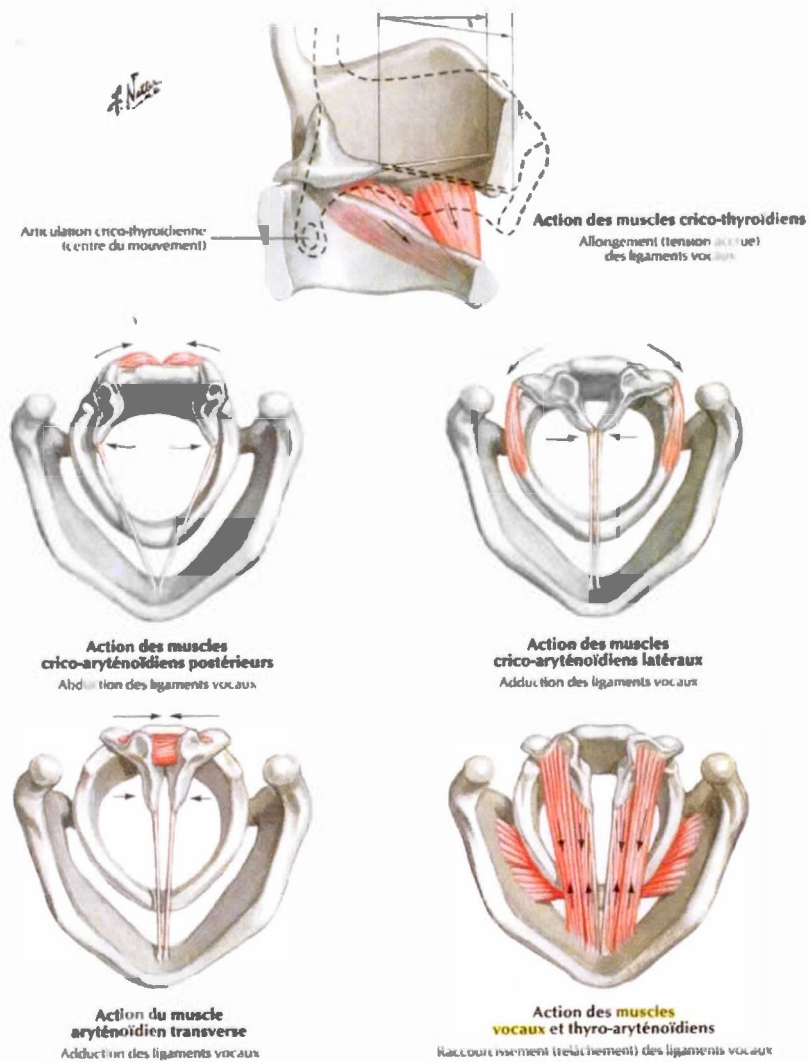
Voisement : Toutes les voyelles sont voisées

Figure 1.2 Classement des consonnes et des semi-voyelles du français selon les critères articulatoires (adapté de Martin, 1996)

			Bilabiales	dentales ²						
				Labio- ¹	Apico-	Prédorso-	Prédorso-	Dorso-	Dorso-	Dorso-
Occlusives ³			Orales ⁴	Non voisées ⁵	p	t			k	
				Voisées	b	d			g	
			Nasales	Voisées	m	n		ɲ		
Constrictives	Fricatives	Orales	Non voisées	f	s	ʃ [*]				
			Voisées	v	z	ʒ [*]			ʁ	
	Liquides		Voisées		l		j / ɥ ^{*6}	w [*]		

1. Articulateur // 2. Lieu d'articulation // 3. Mode d'articulation // 4. Résonance // 5. Voisement // 6. Labialité

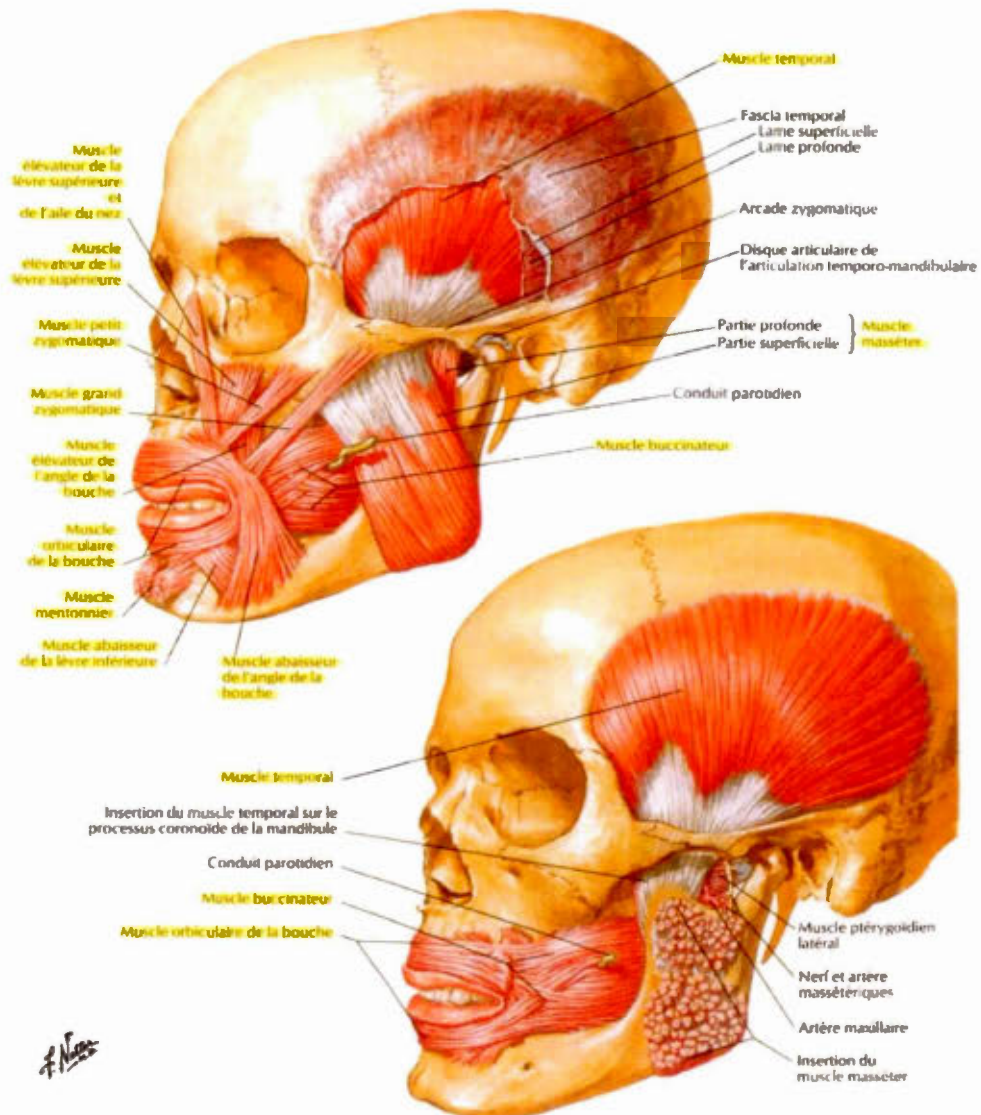
Figure 1.4 Actions des muscles intrinsèques du larynx (image tirée de MacFarland, 2006)



La *résonance* correspond au caractère nasal ou oral d'un segment. Si le voile du palais est appuyé sur la paroi pharyngale, il empêche le passage de l'air dans la cavité nasale ; l'air qui ne s'échappera que par la cavité buccale donnera lieu à un phonème oral. Au contraire, si le muscle uvulaire fait en sorte que le voile du palais est décollé

La *labialisation* fait référence à la projection des lèvres vers l'avant. Le prolongement de la cavité buccale ainsi créé, que l'on appelle cavité labiale, permet la réalisation des consonnes dites labialisées et des voyelles dites arrondies. Pour produire un /u/, par exemple, il y a projection des lèvres, ce qui nécessite l'effort concerté de plusieurs muscles superficiels du visage, dont l'*orbicularis oris*, ce muscle qui entoure la bouche et qui lui permet une ouverture variable (Martin, 1996 ; Kent, 1997). Pour produire une voyelle qu'on dira non arrondie, comme le /i/, c'est le *risorius*, entre autres, qui permettra l'étirement des lèvres (Kent, 1997). D'autres muscles labiaux participent aux mouvements des lèvres, notamment le muscle élévateur de l'angle de la bouche, le muscle abaisseur de l'angle de la bouche, le *buccinateur* ainsi que les *zygomatiques* (Netter, 2011).

Figure 1.6 Muscles de la bouche et de la mâchoire (image tirée de McFarland, 2006)



Le *mode articulatoire* décrit la qualité du passage de l'air dans le tractus vocal. Lorsque ce passage de l'air ne rencontre pas d'obstacle dans le conduit vocal, comme lors de la production des voyelles, on parle d'un écoulement libre. Dans ce cas, on peut décrire l'espace compris entre la langue et la voûte du palais en terme d'aperture : plus l'espace sera grand, plus les voyelles produites seront ouvertes,

comme dans le cas du /a/, par exemple ; plus l'espace sera restreint, plus les voyelles produites seront fermées, comme pour le /i/ et le /u/. Les muscles de la mâchoire sont impliqués dans l'aperture de la bouche. La contraction des masseters, par exemple, permet l'élévation de la mandibule afin de fermer la bouche. Il en va de même pour les muscles temporaux, qui permettent en plus de rétracter la mandibule (Martin, 1996 ; Kent, 1997). Les consonnes sont formées lorsqu'un obstacle entrave le passage de l'air dans le conduit : une obstruction complète du tractus vocal donne lieu aux consonnes occlusives, comme /b/, /d/, /m/ et /n/, alors que les consonnes constrictives, comme /l/, sont produites lorsque le conduit vocal est fortement resserré, tout en permettant un passage continu de l'air. L'obstruction complète ou partielle du conduit vocal requiert également la participation de plusieurs muscles, qu'il s'agisse de muscles labiaux ou linguaux.

Ce sont ces mêmes muscles qui sont en jeu lorsque l'on parle d'*articulateur*. Ce terme désigne l'élément, situé dans la partie inférieure du conduit vocal – ce peut être la lèvre inférieure ou n'importe quelle partie de la langue –, qui se rapproche d'une partie supérieure du conduit vocal, en entrant ou non en contact avec elle. La partie supérieure du conduit vocal représente le *lieu d'articulation*. Les voyelles sont toujours articulées avec le dos de la langue ; celui-ci se rapproche du palais en un lieu plus ou moins antérieur : les voyelles formées près du palais dur sont dites antérieures, c'est le cas du /a/ et du /i/ ; celles produites près du voile du palais sont dites postérieures, comme le /u/. Quant à elles, les consonnes seront labiales si l'articulateur consiste en la lèvre inférieure, pensons à /b/ et /m/ ; apicales si elles sont produites avec l'apex de la langue, comme /d/, /n/ et /l/ ; prédorsales si elles sont articulées avec la partie antérieure du dos de la langue ; dorsales si c'est le dos de la langue qui produit l'articulation ; et postdorsales si elles sont réalisées avec la partie postérieure du dos la langue (Martin, 1996). Pour ce qui est du lieu d'articulation des consonnes, la constriction ou l'obstruction peut se produire en différents points du conduit vocal : on qualifie les consonnes de labiales lorsque le lieu d'articulation est

la lèvre supérieure, comme c'est le cas pour /b/ et /m/ ; de dentales lorsqu'il s'agit des dents supérieures; d'alvéolaires lorsqu'elles sont produites près des alvéoles, comme pour /d/, /n/ et /l/; de postalvéolaires lorsque le lieu d'articulation se situe entre les alvéoles et le palais dur ; de palatales quand elles sont réalisées en un point du palais dur ; de vélaires si l'articulation s'effectue plutôt dans la région du voile du palais ; et finalement d'uvulaires si le lieu d'articulation est près de l'uvule (Martin, 1996).

Pour arriver à déplacer un articulateur précis vers le point d'articulation pertinent, et pour lui fournir la force exacte pour entrer en contact ou non avec ce point d'articulation, les muscles de la langue et des lèvres doivent être extrêmement bien contrôlés. Ces muscles sont nombreux. L'articulation des consonnes bilabiales implique non seulement l'orbicularis oris, mentionné plus haut ; mais également les muscles faciaux transversaux, qui servent à tirer les commissures des lèvres latéralement ; les muscles faciaux angulaires, qui permettent d'ajuster l'angle de la bouche, d'élever la lèvre supérieure et d'abaisser la lèvre inférieure ; les muscles faciaux verticaux, qui donnent lieu à l'élévation ou à l'abaissement de chacune des lèvres ; et enfin les muscles faciaux parallèles, qui agissent en tirant le coin des lèvres simultanément vers le bas et latéralement, ou vers le haut et latéralement (Kent, 1997). Lorsque l'articulateur est la langue, des muscles intrinsèques ainsi qu'extrinsèques entrent en jeu. Les muscles intrinsèques sont ceux dont les deux points d'attache – l'origine et l'insertion – se trouvent dans la langue, alors que les muscles extrinsèques s'attachent en leur origine à une autre structure. C'est aux muscles intrinsèques, soit le muscle supérieur longitudinal, le muscle inférieur longitudinal, le muscle transversal et le muscle vertical, que l'on doit la finesse des mouvements de la langue ainsi que la précision de son positionnement et de sa forme. Les principaux muscles extrinsèques sont le génioglosse, qui permet d'onduler la langue ou de la tirer vers l'avant; le styloglosse, qui permet d'élever la langue tout en la reculant ; le palatoglosse, responsable des déplacements de la langue vers le palais ; puis l'hyoglosse, qui permet d'abaisser la langue tout en la tirant vers l'arrière (Kent,

1997). Les liens entre les structures anatomiques de la parole et les traits articulatoires des phonèmes du français sont résumés au tableau 1.1.

Tableau 1.1 Résumé des liens entre structures anatomiques et traits articulatoires des phonèmes du français

Muscles	Traits articulatoires	Exemples de phonèmes du français concernés
Muscles intrinsèques du larynx	Voisement	Consonnes voisées (/d/, /v/, /l/, /m/,...)
		Voyelles (/a/, /i/, /o/, /u/,...)
Muscle uvulaire	Nasalité	Voyelles nasales (/ã/, /ẽ/, /ĩ/, /œ/)
		Consonnes nasales (/m/, /n/, /ɲ/)
Muscles labiaux	Labialisation	Voyelles arrondies (/u/, /y/)
		Semi-voyelles arrondies (/w/, /ɥ/)
	Articulateur et lieu d'articulation	Consonnes bilabiales (/p/, /b/, /m/)
		Consonnes labio-dentales (/f/, /v/)
Muscles linguaux intrinsèques et extrinsèques	Mode d'articulation (occlusion/constriction)	Consonnes non labiales (/d/, /t/, /n/, /k/...)
	Articulateur	Voyelles (/a/, /i/, /o/, /u/,...)
		Consonnes non labiales (/d/, /t/, /n/, /k/...)
	Lieu d'articulation (antéro-postériorité)	Voyelles (/a/, /i/, /o/, /u/,...)
Muscles mandibulaires	Mode d'articulation (degré d'aperture)	Voyelles (/a/, /i/, /o/, /u/,...)

1.4 L'atteinte de la fonction labiale et de la parole dans la dystrophie myotonique de type 1

Peu d'études se sont attardées à quantifier la production de la parole chez les patients atteints de dystrophie myotonique de type 1. Maassen et ses collègues évoquaient en 1995 le besoin d'évaluations quantitatives de l'expression orale qui aideraient à détecter les symptômes précoces de la maladie et permettraient de suivre sa progression au fil des ans. Depuis, à peine quelques études sont parues, tant dans le domaine de la production de la parole que dans celui des fonctions orofaciales, de telle sorte que, plus récemment, le même constat se répétait : « Many clinicians and researchers working in the field of mimic muscle evaluation have underlined the need for objective, reliable and sensitive outcome measures as a supplement to subjective assessments (Sjogreen, Lohmander, & Kiliaridis, 2011) ». Pour pallier le manque d'études liées directement à la parole chez les DM1, il peut être intéressant de s'attarder également aux études relevant de la fonction orofaciale chez ces patients.

Dans ce domaine, une étude de 2007 (Guimaraes, Carlsson, & Marie) a quantifié la force d'occlusion de la mâchoire de patients atteints de DM1. Ils ont trouvé que cette force, mesurée grâce à un dynamomètre électronique, était significativement réduite chez les DM1, comparativement aux participants contrôles.

Une autre étude (Guimaraes, Suazo, & Nagahashi Marie, 2010) s'est penchée sur les phénomènes myotoniques. Ici encore, bien que la perspective des auteurs soit plutôt orofaciale, les conclusions qu'on y trouve peuvent s'avérer utiles au domaine de la parole. Les participants atteints de la forme classique de la DM1 (n=50) devaient, dans un premier temps, contracter les muscles élévateurs de la mandibule de manière isométrique pendant dix secondes, puis ouvrir la bouche au signal donné. Les chercheurs considéraient qu'il y avait présence de phénomènes myotoniques si un délai de plus de 0,5 secondes séparait la consigne d'aperture orale et l'initiation du mouvement d'aperture. Le même exercice était répété en sens inverse, c'est-à-dire en

maintenant la bouche ouverte pendant dix secondes avant de la refermer. Les muscles linguaux ont été analysés en un seul groupe, en demandant aux participants de tirer la langue vers l'avant pendant dix secondes, puis de la rétracter; et vice-versa. Les résultats suggèrent que les phénomènes myotoniques se retrouvent en plus grande prévalence dans les muscles de la langue. En effet, la myotonie y est apparue chez 21 sujets, alors que l'ouverture et la fermeture de la mandibule a provoqué la myotonie chez 14 et 7 participants, respectivement.

La thèse de doctorat de Sjögren (2010) aura permis d'observer en détails – du point de vue de la parole tant que de la fonction labiale – la dysfonction orofaciale chez des enfants et des adolescents (de 2 à 21 ans) présentant la forme congénitale ou juvénile de la DM1. L'objectif de la thèse était de développer des outils efficaces d'évaluation ainsi que de mesurer l'amélioration de la fonction orofaciale à la suite d'un programme d'exercices. L'une des premières conclusions de l'auteure est que l'intelligibilité réduite est une caractéristique commune des enfants et des adolescents atteints de la dystrophie myotonique congénitale ou juvénile. Selon ses données, les jeunes atteints de la forme congénitale présentent plus de difficultés oromotrices que les jeunes atteints de la forme juvénile. Ses observations la mènent également à affirmer que les garçons ont des troubles plus sévères que les filles dans la sphère oromotrice. Elle conclut aussi que, bien que la force maximale et l'endurance des lèvres puissent être améliorées grâce à des programmes d'exercices, l'amélioration de ces traits n'a pas d'impact positif, du moins à elle seule, sur l'articulation des consonnes bilabiales ou labiodentales. L'évaluation de l'articulation était menée de façon perceptive par deux orthophonistes (ou trois, advenant un désaccord). Les orthophonistes procédaient d'abord à une transcription phonétique fine des productions, puis jugeaient de leur acceptabilité; ils décrivaient également les possibles stratégies compensatoires.

Dans un autre article (Sjögreen et al., 2007) observant des patients DM1 atteints des formes congénitale (n=36), juvénile (n=18) et classique (n=2), il est soutenu que la DM1 cause une atteinte modérée à sévère sur le plan de la fonction labiale, chez 76% des sujets, sur le plan de la motilité de la langue, chez 52% des patients, ainsi que sur la force des lèvres, chez 69% des sujets. Dans cet article qui présente une méthodologie mi-quantitative, mi-qualitative, les auteurs suggèrent que cette atteinte soit responsable de la production inadéquate des consonnes bilabiales et dentales, tel que jugé perceptivement par des orthophonistes. Il est intéressant de savoir que la motilité de la langue était mesurée, sur une échelle de 0 à 3 (0 correspondant à « non affecté », et 3 correspondant à « sévèrement affecté »), par l'aisance à effectuer les quatre exercices suivants : sortir la langue, lécher sa lèvre supérieure, lécher sa lèvre inférieure, passer du coin droit au coin gauche de la bouche cinq fois avec la langue. Les exercices permettant de juger de la fonction labiale, mesurés sur la même échelle, étaient les suivants : fermeture active des lèvres pendant 20 secondes; cinq claquements de lèvres (*lip smacking*); souffler sur une bougie; montrer les dents; sourire et faire la moue, en alternance cinq fois; fermeture des lèvres sur une cuillère, fermeture des lèvres tout en mastiquant, fermeture des lèvres tout en aspirant dans une paille. La force des lèvres était quant à elle mesurée à l'aide d'un dynamomètre.

Sjögreen et ses collègues ont publié en 2011 les résultats d'une recherche exploratoire sur les méthodes d'évaluation quantitative de la fonction labiale, laquelle englobait l'utilisation des lèvres dans les sphères fonctionnelles que sont l'expression faciale, la parole, l'alimentation et la gestion salivaire. L'objectif était de concevoir des mesures objectives de mobilité et de force des lèvres, et d'évaluer si elles pouvaient être associées aux mesures plus subjectives de la fonction labiale déjà utilisées dans le domaine. Les participants étaient atteints de la forme classique de la DM1 (n=12), du syndrome de Möbius (n=5) ou de la dystrophie musculaire facioscapulohumérale (n=6). L'évaluation qualitative de la parole consistait en une transcription phonétique suivie d'un jugement – il s'agissait de décider si le phonème avait été produit de

manière correcte ou non – de quatre répétitions des phonèmes bilabiaux /p/, /b/ et /m/, situés à diverses positions dans un mot porteur. Les résultats indiquent que l'analyse automatisée de la position de points stratégiques sur les lèvres lors de certains mouvements comme la projection des lèvres vers l'avant et l'étirement maximal des lèvres peut aisément donner une indication de la qualité de la fonction labiale générale, et donc de la parole. Ici également, la qualité des consonnes était jugée de manière perceptive par une équipe d'orthophonistes.

Une brève étude de cas (Silva-Rojas, Ysunza, Diaz-Torres, Bardales-Lazcano, & Pamplona, 2012) suggère que la faiblesse musculaire associée à la DM1 affecte les structures vélopharyngées, ce qui se traduit par une hypernasalité caractéristique de l'incompétence vélopharyngée. Dans cette étude de cas d'un sujet féminin âgé de 16 ans et atteint de la forme classique, l'hypernasalité était observée de manière perceptuelle, et était décrite comme affectant l'intelligibilité. Une autre étude de cas avait été effectuée, en 1988, auprès de trois patients atteints de dystrophie myotonique (Salomonson, Kawamoto, & Wilson). Les auteurs en avaient conclu que l'incompétence vélopharyngée était l'un des symptômes majeurs de la maladie, et qu'un traitement non chirurgical prévalait.

Dans sa thèse, De Die-Smulders (2000) révèle que, des 32 patients adultes (de 18 à 69 ans) atteints de la forme juvénile étudiés, seulement trois présentaient une parole normale ; chez 18 patients, une dysarthrie qualifiée de modérée à sévère nuisait à l'intelligibilité de la parole. Dans cette même thèse, 80% des enfants âgés de 7 à 18 ans (n=20), et atteints de la forme juvénile, présentaient une dysarthrie au minimum légère, décrite comme « une parole indistincte et pauvrement formée, avec une articulation pauvre et une qualité nasale (trad. libre) ». Dans le cadre de cette étude, la parole des patients était évaluée perceptivement. La dysarthrie est définie, dans un ouvrage édité par Kent (*The MIT Encyclopedia of Communication Disorders*, 2004), comme un trouble traduisant certaines perturbations en lien avec la force, la vitesse,

l'étendue, la constance, la synchronisation ou la précision des mouvements nécessaires à la production d'une parole normale, efficace et intelligible. On distingue diverses classes de dysarthries, parmi lesquelles la dysarthrie *flaccide* est définie comme reposant sur la faiblesse des muscles desservis par les nerfs craniaux ou rachidiens innervant les structures respiratoires, laryngées, vélopharyngées ou articulatoires (*The MIT Encyclopedia of Communication Disorders*, 2004). Les troubles de la parole occasionnés par la dystrophie myotonique de type 1 pourraient donc être considérés comme appartenant à la dysarthrie flaccide.

Les conséquences de la myotonie du côté de la production de la parole n'ont été que très peu étudiées (de Swart, van Engelen, & Maassen, 2007). De Swart et ses collègues (2007; voir aussi (de Swart, van Engelen, van de Kerkhof, & Maassen, 2004) s'y sont attardés dans une étude observant les effets, sur le débit et la fluidité de la parole, du réchauffement des muscles impliqués dans la parole. Selon leur expérience clinique, les patients DM1, au moment de parler, geraient moins bien la myotonie que la faiblesse musculaire, de par sa nature plus imprévisible. Leur étude, effectuée auprès de patients présentant la forme classique de la DM1 (n=30), révélait que le réchauffement musculaire volontaire, à l'aide de mouvements répétitifs, améliorait le débit et la fluidité de la parole, et donc diminuait les symptômes de la myotonie, sans aggraver les effets de la dysarthrie flaccide associés à la maladie. Les mouvements articulatoires consistaient en la répétition de monosyllabes (/pa/, /ta/ et /ka/) et de séquences syllabiques (/pataka/). Le débit était mesuré en fonction du nombre de répétitions par seconde, alors que la fluidité était évaluée grâce à des mesures de variabilité lors d'une tâche de lecture, en conditions neutre et rapide. La condition rapide était utilisée pour inciter une utilisation extensive des muscles articulatoires, et ainsi déclencher d'éventuels signes de fatigue.

Une étude de Maassen et ses collègues (1995) visant à évaluer de manière quantitative la parole de patients atteints de la forme classique de la DM1 (n=15) a

montré qu'ils articulaient significativement plus lentement que les sujets contrôles lors de tâches de répétition de monosyllabes (/pa/, /ta/, /ka/, /fa/, /sa/, /xa/) et de séquences syllabiques (/pataka/ et /fasaxa/) avec la consigne de prononcer le plus rapidement possible. Une tâche de tenue maximale des sons /a/, /f/, /s/ et /z/ a dévoilé que les sujets DM1 pouvaient maintenir les sons significativement moins longtemps que les sujets contrôles. Ces données montrent que les patients atteints de la forme classique de la DM1 présentent bel et bien une dysarthrie flaccide. Les auteurs ont par la suite expliqué, à l'aide de ratios de durées (durée de la consonne / durée totale de la syllabe), que les sujets DM1 avaient plus de difficulté à alterner entre consonne bilabiale et voyelle que les sujets contrôles. Cela suggérerait, selon eux, que des phénomènes myotoniques affectent l'articulation labiale chez les patients DM1. Certains patrons consonantiques similaires entre les deux groupes de sujets laissent toutefois croire que la faiblesse musculaire observée chez les patients DM1 n'est pas restreinte à un seul organe articuloire. Finalement, les sujets DM1 ont éprouvé plus de difficultés avec les consonnes occlusives qu'avec les consonnes fricatives, ce qui pourrait s'expliquer, selon les auteurs, par le fait qu'une occlusion complète du tractus vocal exige davantage de force qu'une obstruction partielle.

Les points essentiels des différentes études qui ont été abordées sont réunis dans le tableau récapitulatif 1.2.

Tableau 1.2 Tableau récapitulatif des études de la fonction labiale et de la parole chez les patients atteints de dystrophie myotonique de type 1

Type d'étude	Auteur (année)	Sujets	Tâche	Méthodologie	Conclusion
Orofacial	Guimaraes et al. (2010)	n=50 / DM1 - classique	Tenue de position (10s) -> décontraction	Quantitatif: mesures de délais lors de la décontraction	Phénomènes myotoniques touchent surtout la langue Touchent aussi les mvts d'ouverture/fermeture de la mandibule
Orofacial Parole	Sjögreen (2010)	n=54 / DM1 - congénitale juvénile	Répétition de mots débutant par C bilabiales, labiodentales, dentales, vélaires Mesure instrum. de la force / endurance des lèvres	Quantitatif: force maximale / endurance des lèvres Qualitatif: qualité des C (évaluation perceptive par orthophonistes)	Intelligibilité réduite + de difficultés oromotrices pour forme congénitale que pour forme juvénile + de difficultés oromotrices pour G que pour F Prog. d'exercices améliorent force et endurance labiale Mais ces aspects n'ont pas d'impact positif sur articulation labiale et labiodentale
Orofacial Parole	Sjögreen et al. (2007)	n=54 / DM1 - congénitale juvénile	Exercices de motilité de la langue et de force des lèvres	Quantitatif: force des lèvres	Atteinte modérée à sévère de la motilité de la langue et de la force des lèvres

Orofacial Parole (suite)	Sjögren et al. (2007)	n=54 / DM1 - congénitale juvénile	Répétition de mots	Qualitatif: motilité et qualité de la parole jugés par orthophonistes	Lien avec la production inadéquate des C bilabiales et dentales
Orofacial Parole	Sjögren et al. (2011)	n=12 / DM1 - classique (n=11 autres maladies)	Projection / étirement des lèvres /p/ /b/ /m/ x4 dans diverses positions d'un mot porteur	Quantitatif: analyse informatisée de points stratégiques Qualitatif: qualité des C jugée par orthophonistes	Les mesures quantitatives vont dans le même sens que les jugements qualitatifs, et donc peuvent être utilisées comme références (études longitudinales, évaluation orthophonique, ...)
Parole	Silva-Rojas et al. (2007)	n=1 / DM1-classique	Parole spontanée	Qualitatif: jugement clinique	La DM1 affecte les structures vélopharyngées, ce qui mène à une hypernasalisation des sons.
Parole	De Swart et al. (2004)	n=30 / DM1 - classique	Répétition de monosyll. / séquences syll. Lecture	Quantitatif: mesures de fluidité et de débit	Réchauffement diminue les phénomènes myotoniques mais n'aggrave pas les effets de la faiblesse musculaire
Parole	Maassen et al. (1995)	n=15 / DM1 - classique	Répétition de monosyll. / séquences syll. Maintien de phonèmes	Quantitatif: mesures de durée	Articulation + lente Myotonie pour artic. labiale Occlusives + difficiles que fricatives

La recension des écrits dans le domaine de la dystrophie myotonique de type 1 laisse entrevoir qu'il existe un besoin réel pour des études quantitatives sur la parole. En effet, à notre connaissance, aucune étude ne s'intéressant aux mesures acoustiques et articulatoires de patients DM1 n'a été réalisée auparavant.

1.5 Les outils de la phonétique expérimentale pour l'évaluation et l'intervention clinique

Les instruments de la phonétique expérimentale peuvent être utilisés pour mesurer de manière quantitative la production de la parole. Les mesures prises peuvent être acoustiques ou articulatoires, et peuvent servir à évaluer l'atteinte à la production de parole chez une population donnée, ou encore chez un patient en particulier. À plus long terme, les mesures quantitatives peuvent faire état de la progression de l'atteinte.

Lorsque l'on s'intéresse à la production de la parole, il est important de connaître les liens qui unissent les mouvements articulatoires à leurs corrélats acoustiques. Ainsi, les mesures des formants, ces bandes d'énergie que l'on peut détecter sur un spectrogramme à certaines fréquences données – dans le cas de segments voisés –, sont corrélées avec des positions articulatoires précises. Le premier formant donne un indice de l'aperture de la cavité orale, alors que le deuxième formant est fonction de la position avant-arrière de la langue (voir figure 1.1). D'autres mouvements articulatoires, comme l'arrondissement des lèvres, peuvent être liés à des mesures acoustiques (Stevens, 1998). Ces liens sont parfois indirects et doivent être inférés ; il faut savoir que le système de production de la parole permet une certaine liberté aux locuteurs. Effectivement, plusieurs positions articulatoires peuvent correspondre à des sons très similaires du point de vue perceptif ; il s'agit alors pour le locuteur de sélectionner les mouvements selon certains critères d'optimisation, comme

l'économie de l'effort articulatoire, d'une part, et le maintien de l'intelligibilité, d'autre part (Barbier, Perrier, Ménard, Tiede, & Perkell, 2013).

Les études qui se penchent sur la production de la parole peuvent aborder la question d'un point de vue acoustique ou d'un point de vue articulatoire, ou encore combiner les deux perspectives. Les études acoustiques s'attardent à l'analyse du signal acoustique afin de faire ressortir des valeurs de formants, d'intensité, de durée ou encore de fréquence fondamentale. Les valeurs formantiques peuvent nous permettre de déterminer si un locuteur donné contraste plus ou moins bien les différentes voyelles. Une façon simple de le faire consiste à observer le comportement formantique des voyelles cardinales /a/, /i/ et /u/, qui possèdent les caractéristiques les plus extrêmes dans l'espace acoustique (Martin, 1996). Les spectrogrammes, de même que les oscillogrammes qui leur sont associés, permettent aussi de retracer des gestes articulatoires comme le mouvement d'explosion propre aux consonnes occlusives, ou encore l'obstruction partielle de l'air qui caractérise les consonnes constrictives (Fujimura & Erickson, 1997 ; Ladefoged, 1997). Les études articulatoires, pour leur part, peuvent investiguer les séquences de mouvements des articulateurs visibles comme des articulateurs non visibles. Différentes méthodes, plus ou moins invasives, s'offrent aux chercheurs afin de retracer les détails spatiaux et temporels de chaque geste articulatoire. L'utilisation d'une sonde échographique placée sous le menton possède l'avantage d'être non invasive – et donc d'être utilisée sans danger avec les enfants ou les populations cliniques – et permet de reproduire en une coupe sagittale les mouvements de la langue avec une bonne résolution temporelle et une résolution spatiale satisfaisante (Barbier et al., 2013; Noiray, Menard, & Iskarous, 2013). Les contours de langue ainsi récupérés sont étudiés pour leurs mesures de courbure, d'asymétrie, qui donnent une bonne indication du contrôle moteur et de la mobilité de la langue. Certaines études (Barbier et al., 2013; Noiray et al., 2013) combinent les données de l'ultrason avec des mesures de capture des mouvements en temps réel et en trois dimensions. Ce système synchrone permet de

suivre le déplacement des articulateurs visibles dans le temps et dans l'espace, tout en corrigeant, en fonction des mouvements de la tête, les positions des senseurs, lesquels peuvent être placés, selon les besoins, sur les lèvres, sur la sonde échographique, ou sur d'autres points de référence. Cette méthode est avantageuse par la grande liberté de mouvements qu'elle offre au participant et par la richesse des données qu'elle permet de recueillir.

1.6 Question de recherche

Nous savons maintenant que les muscles qui interviennent dans la production de la parole font partie des muscles affectés par les symptômes de faiblesse et de myotonie dans la forme congénitale de la DM1. Quels sont donc les effets articulatoires et acoustiques de cette forme de la dystrophie myotonique de type 1 sur les voyelles du français ?

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE

2.1 Introduction

Avant d'élaborer de manière concrète la méthodologie du projet, il nous importait de conduire une expérimentation pilote. Cet exercice, qui a eu lieu au Centre de Réadaptation Marie-Enfant avec une jeune patiente de 12 ans atteinte de la forme congénitale de la DM1, a permis de témoigner de la faisabilité du projet en ce qui a trait à l'utilisation des outils de la phonétique expérimentale et au degré de coopération des jeunes DM1.

Cette section présente les renseignements relatifs à la méthodologie du projet. Les informations concernant les participants, le corpus, la tâche et le protocole expérimental y sont détaillées.

2.2 Participants

Le recrutement des sujets a été fait en collaboration avec la clinique surspécialisée des maladies neuromusculaires du Centre de Réadaptation Marie-Enfant (CRME), par le biais de la coordonnatrice clinique Mme Sylvie D'Arcy.

Nos participantes atteintes de DM1 sont suivies en orthophonie à la clinique surspécialisée des maladies neuromusculaires. Leur dossier clinique indique une audition fonctionnelle, malgré quelques épisodes de pertes auditives légères pour

certaines d'entre elles, comme relevé dans le tableau 2.1. Il faut garder en tête que les patients DM1, lorsqu'ils sont malades ou congestionnés, sont plus à risque de présenter une légère perte auditive conductive; il est à noter toutefois que toutes les participantes ont mentionné être en forme lors de l'expérimentation.

Tableau 2.1 Informations concernant l'audition des participantes DM1¹

Sujets	Histoire auditive
S1	Myringotomie en 2005. A vu un ORL en 2011 pour légère perte conductive. Dernière évaluation au CRME en septembre 2012 : audition normale.
S2	Histoire d'otites. Dernière évaluation au CRME en août 2005 : audition normale.
S3	Dernière évaluation au CRME en décembre 2009 : Hypoacousie conductive légère dans les sons moyens et aigus, possiblement en lien avec présence de cérumen abondant ou une condition pathologique de l'oreille moyenne. Difficultés auditives d'ordre perceptuel suspectées.

Trois jeunes au développement typique appariées en âge aux participantes DM1 ont été recrutées. Elles constituent le groupe contrôle. Le tableau 2.2 présente les caractéristiques des six sujets (sexe et âge).

¹ Telles que mentionnées dans le dossier central de la patiente au CRME et relatées par l'orthophoniste de la clinique surspécialisée des maladies neuromusculaires.

Tableau 2.2 Participants

Sujets	Sexe	Âge	Forme de DM1	Contrôles	Sexe	Âge
S1	F	10;2	Congénitale	C1	F	10,1
S2	F	13;1	Congénitale	C2	F	13;3
S3	F	15;9	Juvénile	C3	F	15;10

Nos participantes contrôles ne présentent quant à elles aucun trouble du langage ni de l'audition² diagnostiqué. Les six sujets ont le français québécois comme langue maternelle. Toutes les participantes ainsi qu'un de leurs parents ont accordé leur consentement après avoir été informés des procédures de l'expérimentation. Cette étude a reçu l'approbation du comité d'éthique de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), dans le cadre d'un projet plus vaste mené par Lucie Ménard et portant sur le développement de la parole et l'apport de l'étude d'enfants atteints de troubles phonologiques. En guise de compensation, les sujets se sont vu remettre un cadeau d'une valeur de 20\$.

2.3 Corpus

Le corpus choisi pour cette étude comporte quinze monosyllabes ouvertes, composées des consonnes-cibles /b/, /d/, /m/, /n/, /l/ et des voyelles-cibles /a/, /i/, /u/, et listées dans le tableau 2.3.

² Un test de dépistage auditif binaural utilisant une méthode adaptative avec des tons purs de 250, 500, 1000, 2000 et 4000 Hz a été octroyé aux participantes contrôles avant l'expérimentation. Toutes les participantes ont présenté un seuil de détection en deçà de 20 dB HL, ce qui représente une audition normale.

Tableau 2.3 Corpus

/ba/	/da/	/ma/	/na/	/la/
/bi/	/di/	/mi/	/ni/	/li/
/bu/	/du/	/mu/	/nu/	/lu/

Les consonnes-cibles ont été choisies puisqu'elles mettent de l'avant différents articulateurs et lieux d'articulation ; en effet, alors que /b/ et /m/ sont formées lorsque la lèvre inférieure entre en contact avec la lèvre supérieure, /d/, /n/ et /l/ s'articulent plutôt quand l'apex de la langue rejoint la crête alvéolaire. Le choix de ces consonnes permet aussi de considérer la résonance autant nasale qu'orale, puisque /m/ et /n/ impliquent un passage de l'air dans les cavités orale et nasale, alors que le flot d'air ne s'écoule que par la bouche lors de la production de /b/, /d/ et /l/. Les structures vélopharyngées étant affectées dans la DM1 (Silva-Rojas et al., 2012), il nous semblait important d'inclure les deux types de résonance dans notre corpus. Bien que les consonnes occlusives nous apparaissent comme le type de consonnes à privilégier lors d'une tâche de production de la parole destinée à des sujets atteints de la DM1 (Maassen et al., 1995), il nous importait également d'observer un autre mode articulaire que l'occlusion. Le /l/ nous permet d'avoir accès à une articulation latérale, soit un mode d'articulation constrictif. C'est donc dire que l'air s'échappe de part et d'autre de la langue lors de la production d'un /l/, alors que les occlusives /b/ et /d/ supposent une obstruction totale du conduit vocal à un certain point dans le temps. Le statut de /m/ et /n/ quant à leur mode articulaire est moins clair : bien qu'une obstruction complète ait lieu dans la cavité buccale, le passage de l'air par le nez, lui, est continu. Il nous semblait donc intéressant d'inclure dans notre corpus ces occlusives « faibles », qui génèrent une pression moins élevée dans la bouche, et dont

l'explosion est pratiquement invisible sur un spectrogramme. Les consonnes voisées se sont imposées dans le corpus de par leur aspect sur le spectre acoustique ; contrairement à leurs pairs non voisées, les occlusives voisées laissent paraître sur le spectrogramme une barre de voisement, ce qui rend visible la phase de tenue. Finalement, l'existence de paires minimales dans notre corpus – le /n/ ne se distinguant du /d/ que par sa nasalité, par exemple – rend possible l'isolement de certains critères articulatoires. Le choix du corpus a également été guidé par le jugement de l'orthophoniste du programme des maladies neuromusculaires du CRME. Compte tenu de la somme considérable de données que représente ce corpus (données acoustiques et articulatoires), nous ne nous concentrerons, dans ce mémoire, que sur l'analyse des voyelles.

En ce qui a trait aux voyelles-cibles /a/, /i/ et /u/, elles ont d'abord été sélectionnées par rapport à leur statut de voyelles cardinales ; situées aux extrémités du triangle vocalique, ces voyelles donnent une bonne indication de l'espace acoustique utilisé par un locuteur. On ne peut par ailleurs négliger l'avantage de choisir des voyelles qui mettent autant en jeu les muscles de la parole. En effet, les voyelles cardinales requièrent l'activation maximale des principaux muscles de la langue, en plus d'offrir la distinction arrondie/non arrondie – dans laquelle sont impliqués les muscles des lèvres – et de présenter divers degrés d'aperture, ce qui met à contribution les muscles mandibulaires.

Les syllabes ouvertes ont été préférées aux syllabes fermées puisqu'elles représentent la forme syllabique la plus répandue et la première apprise chez l'enfant. De plus, en français québécois, les voyelles /i/ et /u/ se relâchent – se manifestant alors comme /ɪ/ et /ʊ/ – lorsque faisant partie d'une syllabe fermée. Un corpus de monosyllabes permet de bien contrôler l'environnement segmental et suprasegmental de chaque item. Toutefois, pour atteindre un certain équilibre entre la parole de laboratoire et la parole écologique, il nous semblait important d'intégrer les monosyllabes à une

phrase porteuse. Cette phrase est du type «*Ba* voit la *souris* », dans lequel le premier mot est un personnage du nom de la monosyllabe ciblée, et le dernier, un mot formé de deux syllabes ouvertes et exempt de segment nasal, pour ne pas induire volontairement l'hypernasalité souvent décrite dans la parole DM1 (Salomonson et al., 1988; Silva-Rojas et al., 2012). Les phrases possibles sont répertoriées dans le tableau 2.4.

Tableau 2.4 Possibilités de phrases élicitées

/ba/	voit	le / la	souris tapis poupée chapeau café forêt château carré toupie fusée
/bi/			
/bu/			
/da/			
/di/			
/du/			
/ma/			
/mi/			
/mu/			
/na/			
/ni/			
/nu/			
/la/			
/li/			
/lu/			

2.4 Tâche

L'apathie et le manque de motivation étant des caractéristiques associées à la dystrophie myotonique de type 1, (Rubinsztein, Rubinsztein, Goodburn, & Holland, 1998; Van der Werf et al., 2003), il nous semblait important de concevoir une tâche d'une longueur raisonnable, afin de maintenir l'intérêt des sujets jusqu'à la fin. La tâche prévoit donc quatre répétitions de chacun des quinze items, et ce dans chacune des trois conditions de parole que sont la parole neutre, la parole hyperarticulée et la parole rapide. Les raisons qui justifient le choix de ces conditions sont expliquées

plus loin. Ces 180 phrases étaient élicitées par des images projetées par l'écran d'un ordinateur portable, à environ deux mètres et demi du sujet. Les conditions étaient présentées une à la fois, dans un souci de rendre les consignes les plus simples possible. Dans chacun des blocs de condition, les items étaient aléatorisés, puis pairés deux par deux, pour des raisons de mémorisation. Un second agencement aléatoire était effectué à l'intérieur de chacune des paires, pour les huit répétitions s'y trouvant. Enfin, les mots bisyllabiques contenus dans les phrases porteuses paraissaient eux aussi en ordre aléatoire.

La tâche débutait par une courte séance de pratique mettant en jeu des syllabes qui ne se retrouvaient pas dans le corpus (/fy/ et /ty/). Puis, on présentait aux sujets les différentes possibilités d'objets – soit les mots bisyllabiques. La condition de parole neutre était présentée en premier, et ce pour deux raisons simples : d'une part, nous voulions recueillir à tout le moins ces enregistrements pour la totalité des sujets, dans l'éventualité d'un abandon en cours de tâche ; d'autre part, cette condition neutre permettait de nous assurer que la tâche était bien comprise avant de passer aux deux autres conditions, qui elles réclamaient une consigne supplémentaire, en plus d'inciter une activité musculaire accrue. Les instructions pour toutes les conditions étaient toujours données par la même expérimentatrice ; pour la condition neutre, il s'agissait des suivantes : « Je vais te présenter des personnages, deux à la fois, et te dire leur nom. Ensuite, tu devras me dire ce que chaque personnage voit dans la loupe » (voir figure 2.1).

Figure 2.1 Exemples d'images présentées



La condition neutre permet non seulement de considérer la parole naturelle du jeune, mais sert également de référence pour mesurer les contrastes entre les conditions. Les conditions hyperarticulée et rapide alternaient de manière aléatoire en deuxième et troisième places. Voici les consignes qui étaient fournies pour la condition hyperarticulée : « On va refaire le même jeu, mais, cette fois, plutôt que de parler normalement (ou rapidement) comme tu viens de le faire, tu vas devoir parler très clairement, en exagérant chaque son. Par exemple, au lieu de dire *Ba voit la souris*, tu devras dire *BA VOIT LA SOU-RIS*. » Cette condition nécessite que le participant augmente la saillance perceptive des constituants, et ainsi, qu'il recrute les stratégies articulatoires les plus fortement reliées à l'intelligibilité. En ce qui a trait à la

condition rapide, les indications données allaient comme suit : « On va refaire le même jeu, mais, cette fois, plutôt que de parler normalement (ou en exagérant) comme tu viens de le faire, tu devras parler le plus rapidement possible. Par exemple, au lieu de dire *Ba voit la souris*, tu devras dire *Ba-voit-la-souris* ». La composante de vitesse augmente le degré de difficulté en cela qu'elle exige un contrôle moteur plus fin ; lorsqu'enchaînées rapidement, les différentes cibles articulatoires doivent être atteintes avec beaucoup plus de précision si l'on veut maintenir un bon niveau d'intelligibilité. En plus de la tâche de production de la parole, les sujets devaient effectuer quatre poses simples, d'une durée de cinq secondes chacune, à des fins de référence. Les poses, qui étaient effectuées entre le premier et le deuxième bloc de condition, consistaient en un sourire maximal, une projection maximale des lèvres vers l'avant, une pose statique, et, finalement, une pose incluant le plan occlusal – pose qui servirait de référence pour l'espace tridimensionnel.

2.5 Procédure expérimentale

Les expérimentations ont été menées à l'aide des instruments de la phonétique expérimentale; les équipements qui ont servi à la collecte de données, ainsi que les logiciels et procédures nécessaires à l'extraction et au traitement des données, sont usuels dans ce contexte scientifique.

2.5.1 Collecte des données

La collecte des données a été effectuée en deux lieux; les participantes contrôles se sont rendues au Laboratoire de phonétique de l'UQAM, alors que les participantes atteintes de dystrophie myotonique de type 1 se sont présentées au Centre de Réadaptation Marie-Enfant. Dans le second cas, l'équipement du Laboratoire de phonétique de l'UQAM a été transporté jusqu'au local réservé pour l'expérimentation

au CRME, et a été disposé de telle manière que le montage – illustré aux figures 2.2 et 2.3 – était le même dans les deux environnements.

Figure 2.2 Schéma du montage

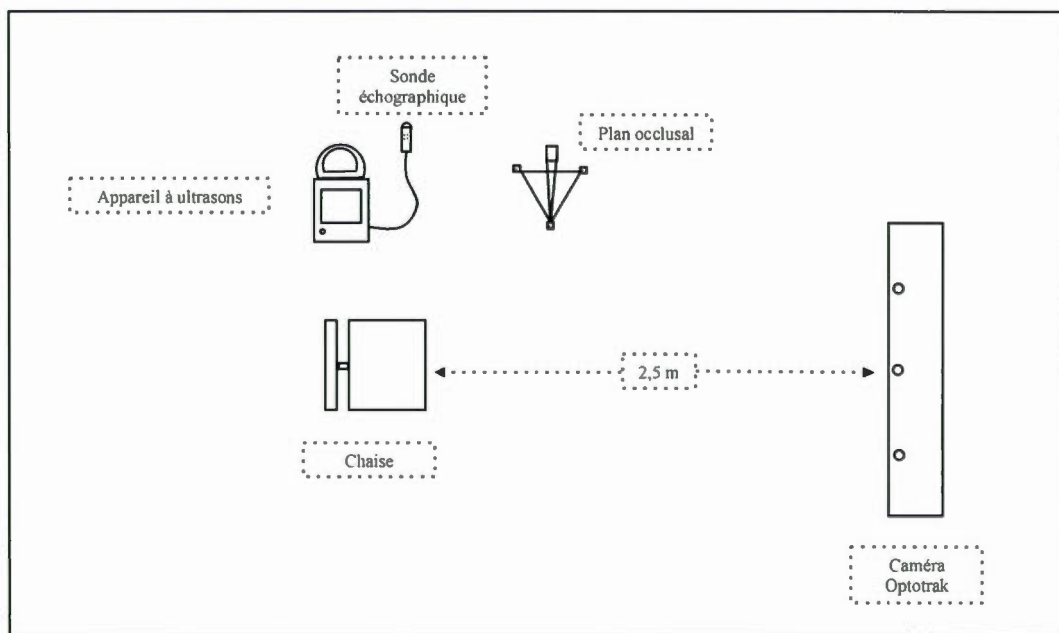


Figure 2.3 Exemple de montage



Les données acoustiques ont été recueillies à l'aide d'un microphone à condensateur omnidirectionnel (Audio-Technica, AT892c) installé sur l'oreille gauche du participant. Branché à un préamplificateur (M-Audio, Audio Buddy) qui nous permet de contrôler le gain, ce microphone miniaturisé a l'avantage d'être rapidement oublié par les sujets tout en offrant une excellente qualité d'enregistrement, laquelle est directement liée à la clarté du spectre acoustique. Les mesures articulatoires, quant à elles, ont été enregistrées grâce à un système synchrone composé du microphone, d'un appareil à ultrasons (Sonosite 180 Plus) et d'un dispositif de capture de mouvements Optotrak (NDI Certus). La sonde échographique (C15e) placée sous le menton de la participante permettait d'enregistrer les mouvements de la langue en un plan sagittal. L'appareil à ultrasons est un instrument non invasif – et donc fort apprécié pour la recherche avec des populations cliniques – en plus d'être portable et de proposer une bonne résolution temporelle (29,97 Hz) et spatiale (< 1 mm). Des diodes à émission infrarouge (désormais : capteurs) étaient collées, à l'aide de ruban adhésif double-face, en des points stratégiques du visage : un capteur sur la lèvre supérieure et un sur la lèvre inférieure permettaient de mesurer la protrusion labiale ; un autre sur le menton servait à distinguer les mouvements de la lèvre inférieure des mouvements de la mandibule ; un capteur à chaque commissure des lèvres fournissait des données d'étirement labial ; finalement, un capteur au-dessus de chacun des sourcils et un entre les yeux, ainsi que quatre capteurs sur la sonde échographique et trois capteurs sur un plan occlusal, agissaient comme points de référence afin d'en arriver, plus tard, à corriger les positions de la langue et des lèvres en fonction des mouvements de la tête. La disposition des capteurs est démontrée par la figure 2.4. Les mouvements des capteurs étaient enregistrés par les caméras de l'Optotrak, placées à deux mètres et demi du sujet. L'ordinateur portable sur lequel avait lieu la présentation de stimuli était placé sur la caméra de capture de mouvements, de manière à ce que la position du sujet permette à la caméra de capter les diodes en tout temps. Cette méthode permettait donc de consigner les positions x, y et z réelles des articulateurs visibles comme non visibles avec une très bonne résolution temporelle

(173 Hz) et une excellente résolution spatiale (0,1 mm pour les coordonnées x et y, et 0,15 mm pour les coordonnées z (Whalen et al., 2005)), tout en accordant une bonne liberté de mouvement au sujet.

Figure 2.4 Disposition des capteurs



L'acquisition des données se faisait par ordinateur, via les programmes Adobe Premiere Pro – pour la vidéo échographique ainsi que pour le son, et ce de manière conjointe – et NDI First Principles – pour les données relatives au dispositif de capture des mouvements.

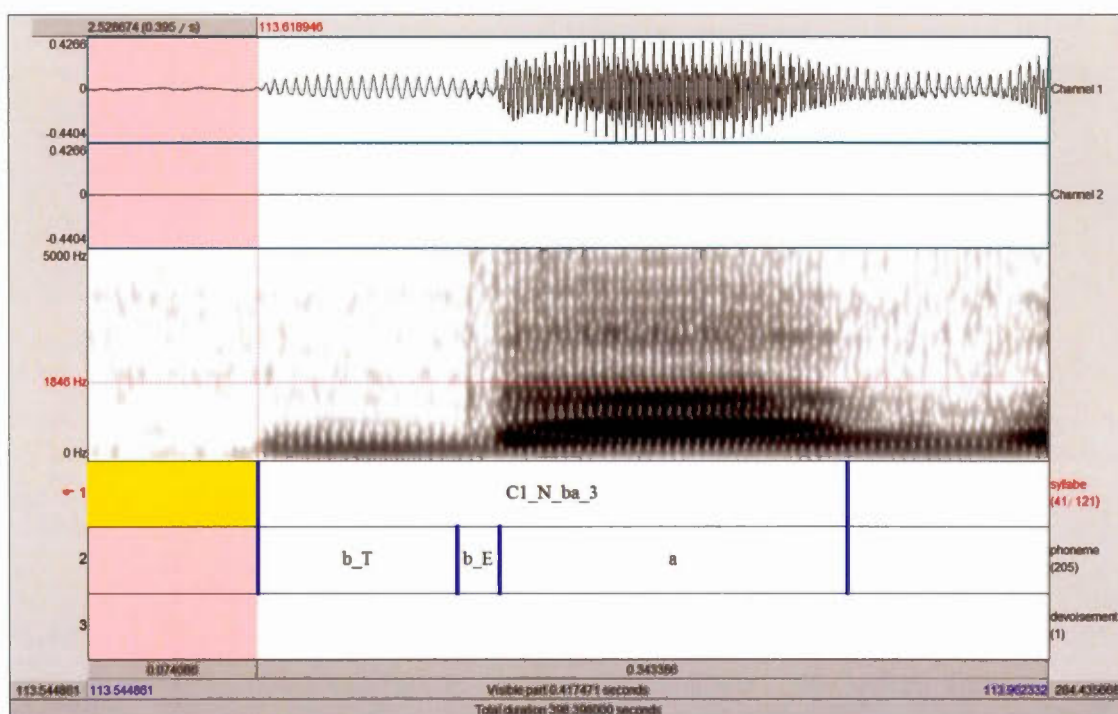
2.5.2 Traitement des données

Les informations recueillies à la suite des enregistrements sont brutes; elles nécessitent donc d'être transformées avant de pouvoir être analysées. La première étape a trait au découpage des données avec Adobe Premiere Pro; il s'agit ici d'isoler chacun des blocs de condition. À partir du fichier vidéo complet de l'ultrason – fichier qui contient aussi le son recueilli par le microphone – on sélectionne le segment qui correspond à chaque condition, puis on l'extrait selon trois formats: un fichier vidéo (.avi), un fichier son (.wav) et un dossier d'images (.tiff).

2.5.2.1 Traitement des données acoustiques

Acoustiquement, il est intéressant de faire ressortir les durées et les valeurs formantiques de chaque segment-cible. Pour y arriver, et pour dresser un portrait aussi précis que possible, chaque bloc de condition a été segmenté de manière fine dans le logiciel Praat, tel qu'exemplifié à la figure 2.5.

Figure 2.5 Exemple de segmentation dans Praat



L'annotation a été effectuée selon trois paliers de segmentation; le premier servait à identifier la syllabe produite ainsi qu'à noter le contexte de production, le deuxième était utilisé pour déterminer les frontières de chaque partie du segment, et le troisième était réservé pour indiquer les portions dévoisées, s'il y avait lieu. Les détails de l'annotation pour les deux premiers paliers sont exposés dans le tableau 2.5.

Tableau 2.5 Conventions pour la segmentation dans Praat

Palier	1		2	
Annotations	Participant	S : sujet DM1	Consonne	<i>consonne seule</i> (/m/, /n/, /l/)
		C : contrôle		<i>consonne_T</i> : tenue de la consonne (/b/, /d/)
	Condition	N : neutre		<i>consonne_E</i> : explosion de la consonne (/b/, /d/)
		H : hyperarticulé		<i>consonne_A</i> : affrication (/di/)
		R : rapide		<i>consonne_P</i> : pré-consonne (hésitations ou difficultés)
	Syllabe	<i>syllabe-cible</i>	Voyelle	<i>voyelle</i>
	Répétition	<i>numéro de la répétition</i>		

Une fois la segmentation terminée, les valeurs de durée et de formants sont prélevées. Pour la durée, les valeurs ont été calculées en incluant les hésitations ou difficultés retrouvées en début de consonne. Les valeurs formantiques ont été extraites par l'algorithme d'autocorrélation intégré dans Praat. Les affrications du /d/ ont quant à elles été calculées dans la durée du segment consonantique.

Pour ce qui est des formants, les mesures pertinentes ont été retenues, c'est-à-dire les premier et deuxième formants au temps milieu de chacune des voyelles, puisqu'elles y sont les plus stables. Afin de normaliser les valeurs, les fréquences, en Hz, ont été converties en Barks, selon la formule suivante :

$$7 * \text{LN}((\text{valeur en Hz} / 650) + \sqrt{(1 + (\text{valeur en Hz} / 650)^2)}))$$

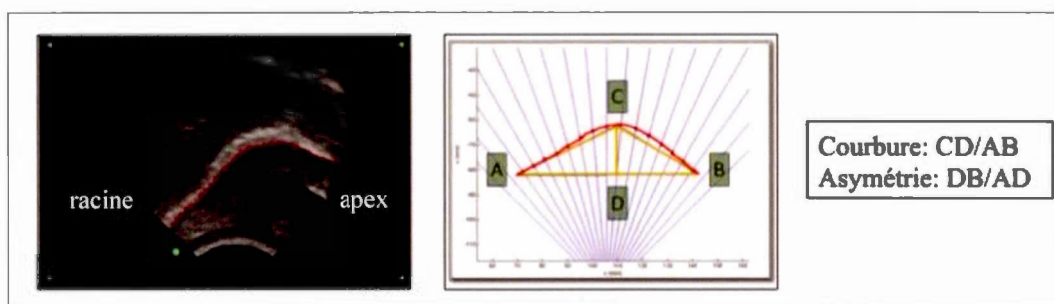
Les données ont ensuite été classées et traitées sous Excel.

2.5.2.2 Traitement des données articulatoires

Une première étape pour l'analyse articulatoire consiste en le traçage des contours de langue. C'est à cette étape que sont utiles les dossiers d'images exportés à partir de la vidéo de l'ultrason. Les images milieux sont identifiées et sont ensuite importées dans le logiciel EdgeTrak, conçu au Vocal Tract Visualization Lab de l'Université du Maryland (Li, Kambhamettu, & Stone, 2005), dans lequel il est possible de tracer la surface de la langue sur chaque image de manière semi-automatique, grâce à un système de détection des contours. À partir de quelques points déterminés manuellement, le logiciel ajoute les points qui complètent le tracé – tout en laissant l'utilisateur faire des ajustements à la main –, et permet d'exporter sous forme de fichiers (.con) les coordonnées x et y d'un nombre donné de points (100, dans notre cas). Ces fichiers sont ensuite traités à l'aide de la procédure HOCUS (Haskins Optically Corrected Ultrasound System), mise en place par les Laboratoires Haskins (Whalen et al., 2005). Cette procédure, exécutée dans le logiciel MatLab, corrige les positions des capteurs-cibles de l'Optotrak (par opposition aux capteurs de référence, lesquels sont utilisés dans le calcul de correction) et les met en relation avec les fichiers contenant les coordonnées des contours de langue. Plus précisément, les mouvements de la tête et de la sonde sont soustraits des mouvements des lèvres et des contours de langue. Ressortent donc de la procédure HOCUS non seulement les positions corrigées des capteurs des lèvres, mais également les contours de langue

corrigés par rapport à la position de la sonde échographique. Ce sont ces tracés rectifiés que l'on analyse grâce à l'application Lingua, développée ici-même au Laboratoire de Phonétique de l'UQAM (Ménard, Aubin, Thibeault, & Richard, 2011), et qui permet de caractériser la forme et la position de la langue. Dans un premier temps, afin de calculer la position de la langue, les coordonnées (x,y) du point le plus élevé de la langue (point pour lequel la coordonnée y est maximale) sont extraites. Par la suite, afin de déterminer la forme de la langue, un triangle est dessiné sous chaque contour de langue, tel qu'illustré à la figure 2.6. Les trois points du triangle correspondent au premier point visible de la racine (point A sur la figure 2.6), au dernier point visible de l'apex (point B sur la figure 2.6) et au point le plus haut (point C sur la figure 2.6).

Figure 2.6 Principes de caractérisation de la langue de Lingua (Ménard et al., 2011) à partir des contours sagittaux de la langue tracés dans Edgetrak (Li et al., 2005)



On peut, dans un premier temps, déterminer la hauteur de la langue en considérant la position la plus élevée du point C sur l'axe des y. Ensuite, on peut utiliser ce même point C pour définir l'antériorité de la langue, en relevant sa position la plus avancée sur l'axe des x. Il est également possible d'obtenir une mesure de courbure de la langue en divisant la base du triangle par sa hauteur. Finalement, on pourra qualifier l'asymétrie de la langue en observant la position relative du segment CD par rapport au segment AB. Au terme de cette étape, toutes les données nécessaires à la

quantification des mouvements articulatoires de la parole sont disponibles, et l'analyse se poursuit dans Excel.

Une autre étape de l'analyse articulatoire consiste à traiter les données des lèvres à partir des positions corrigées des capteurs Optotrak. Le paramètre d'ouverture des lèvres est calculé grâce aux mouvements, sur l'axe haut-bas, des capteurs apposés sur la lèvre supérieure et la lèvre inférieure. On mesure la protrusion en observant les mouvements du capteur de la lèvre supérieure sur l'axe avant-arrière. Les mesures d'étirement, quant à elles, sont tirées des mouvements, sur l'axe gauche-droite des capteurs situés aux commissures des lèvres. Pour chacun de ces paramètres, les voyelles /a/ et /u/ ont été comparées à la voyelle /i/ afin de pouvoir observer les contrastes articulatoires entre les voyelles cardinales.

Les données acoustiques comme articulatoires ont été soumises à des tests statistiques non paramétriques qui comparaient chacun des sujets avec le participant contrôle qui lui était apparié. Ces analyses statistiques – des tests de rangs signés de Wilcoxon ou des ANOVA de Friedman – ont été effectuées avec le logiciel SPSS. Les analyses acoustiques et articulatoires ont permis de faire ressortir les liens, tels que présentés dans la section *Résultats*, entre les particularités acoustiques de la parole DM1 et les mouvements articulatoires utilisés pour produire les cibles demandées.

CHAPITRE III

RÉSULTATS

3.1 Introduction

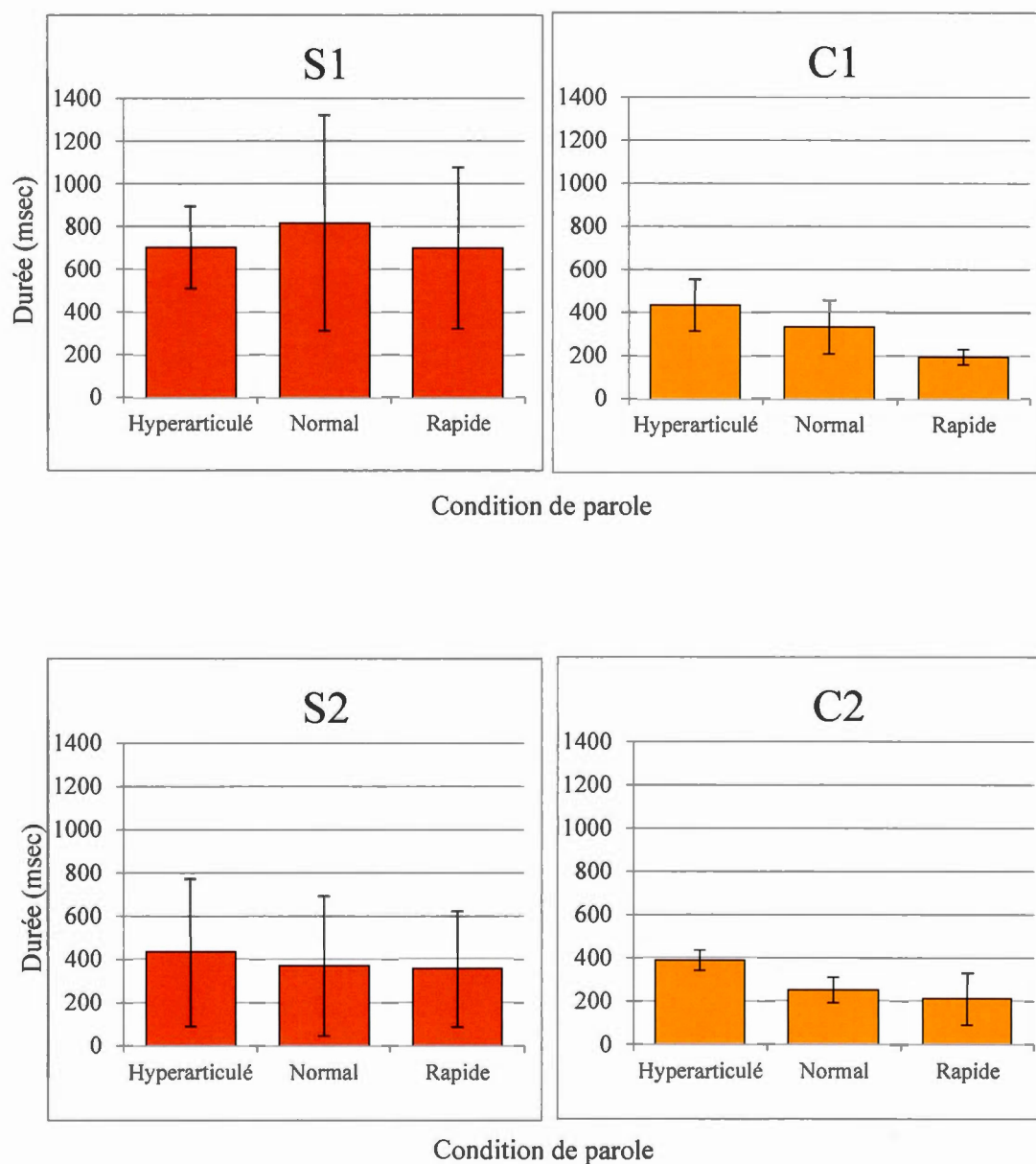
Ce chapitre est dédié à la description des résultats obtenus à la suite de la collecte et de l'analyse des données. Rappelons que seules les voyelles seront analysées dans ce mémoire. Il sera d'abord question de la dimension acoustique, laquelle englobe les paramètres de la durée et des valeurs des deux premiers formants (F1 et F2). Seront par la suite expliqués les résultats des analyses articulatoires effectuées sur les déplacements et les configurations de la langue, ainsi que sur le mouvement des lèvres. Les observations, qui se veulent descriptives, sont présentées en fonction de chacun des sujets DM1, de pair avec le participant contrôle qui lui est apparié. Les résultats des analyses statistiques non paramétriques qui ont été effectuées accompagneront chacune des observations.

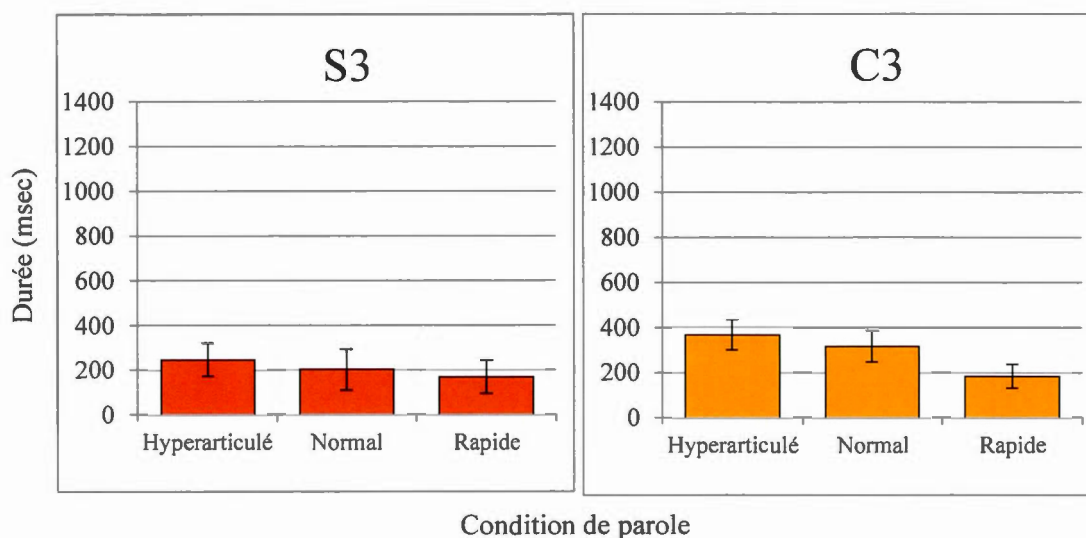
3.2 Résultats acoustiques

3.2.1 Durée des syllabes

La durée moyenne des syllabes est présentée à la figure 3.1, selon chacune des conditions de parole, pour chaque paire de participants. Il est à noter que la durée de la syllabe a été calculée à partir du tout début de la consonne (voir « pré-consonne » au tableau 2.5) jusqu'à la fin de la voyelle.

Figure 3.1 Moyennes et écarts-types de durée des syllabes (en msec), toutes consonnes et toutes voyelles confondues, pour chacune des conditions de parole, pour chaque paire de participants





Des tests de rangs signés de Wilcoxon ont permis de déterminer qu'il existait une différence significative entre chacun des sujets, pour chacune des conditions, comme en témoigne le tableau 3.1.

Tableau 3.1 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour les durées des syllabes, pour chaque paire de sujets, pour chacune des conditions
(ns=non significatif; *= $p<0,05$; **= $p<0,01$; ***= $p<0,001$)

	S1-C1		S2-C2		S3-C3	
	Z	Significativité	Z	Significativité	Z	Significativité
Hyperarticulé	-6,154	***	-2,172	*	-6,059	***
Normal	-6,412	***	-3,298	**	-5,293	***
Rapide	-6,736	***	-5,006	***	-2,643	**

D'entrée de jeu, on remarque que les durées de la patiente S1 sont plus grandes que pour celles de sa contrepartie saine C1. Il en est de même, mais dans une moindre

mesure, pour les participantes S2 et C2. En revanche, les syllabes de la patiente S3 étaient, en moyenne, de plus courte durée que celles de la participante contrôle C3.

Il peut également être intéressant de se pencher sur le contraste entre les différentes conditions, en termes de durée. En effet, on s'attendrait à ce que la condition de parole hyperarticulée entraîne des syllabes plus longues que la condition de parole normale, et qu'à son tour cette dernière condition donne lieu à des durées plus grandes que pour la condition de parole rapide. C'est bel et bien ce schéma que l'on retrouve pour nos participantes contrôles, ainsi que pour la patiente S3, mais il en est autrement pour les participants S1 et S2. Une ANOVA de Friedman a permis de trouver que l'effet de la condition était significatif pour toutes les participantes sauf pour S1. Les conditions ont ensuite été comparées deux par deux, pour chacun des sujets, grâce au test des rangs signés de Wilcoxon. C'est ainsi que l'on a pu déterminer qu'il n'existait pas de différence significative entre les conditions de parole normale et rapide, pour S2. Pour les trois participantes contrôles, ainsi que pour S3, les durées entre chacune des conditions indiquaient un contraste significatif. Ces analyses sont rapportées aux tableaux 3.2 et 3.3.

Tableau 3.2 Résultats de l'ANOVA de Friedman quant à l'effet de la condition sur la durée des syllabes de chacun des participants

(ns=non significatif; *= $p < 0,05$; **= $p < 0,01$; ***= $p < 0,001$)

	Khi carré	Degrés de liberté	Significativité
S1	2,133	2	ns
S2	9,700	2	**
S3	25,433	2	***
C1	94,000	2	***
C2	85,833	2	***
C3	89,233	2	***

Tableau 3.3 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour les comparaisons intrasujet entre chacune des conditions

(ns=non significatif; *= $p<0,05$; **= $p<0,01$; ***= $p<0,001$)

		Z	Significativité
S1	Hyperarticulé vs Normal	-1,104	ns
	Normal vs Rapide	-1,296	ns
	Hyperarticulé vs Rapide	-1,053	ns
S2	Hyperarticulé vs Normal	-2,437	*
	Normal vs Rapide	-0,287	ns
	Hyperarticulé vs Rapide	-2,444	*
S3	Hyperarticulé vs Normal	-2,746	**
	Normal vs Rapide	-2,312	*
	Hyperarticulé vs Rapide	-5,102	***
C1	Hyperarticulé vs Normal	-4,940	***
	Normal vs Rapide	-6,412	***
	Hyperarticulé vs Rapide	-6,736	***
C2	Hyperarticulé vs Normal	-6,655	***
	Normal vs Rapide	-4,167	***
	Hyperarticulé vs Rapide	-5,860	***
C3	Hyperarticulé vs Normal	-3,040	**
	Normal vs Rapide	-6,412	***
	Hyperarticulé vs Rapide	-6,699	***

On peut ainsi remarquer que la participante S1 a mis un temps comparable, d'une condition à une autre, pour produire les syllabes demandées. S2, quant à elle, a marqué une différence dans la durée de ses syllabes entre les conditions hyperarticulée et normal, ainsi que hyperarticulée et rapide, mais les syllabes qu'elle a produites n'étaient pas significativement plus courtes en condition rapide, par rapport à la condition normale. La participante S3 et les trois participantes contrôles, de leur côté, ont toujours produit des syllabes significativement plus longues en condition hyperarticulée, et significativement plus courtes en condition rapide. Les tests statistiques n'ayant révélé aucun effet de la consonne (voir annexe X), ces analyses n'ont pas été poussées plus loin; ainsi considérera-t-on que les syllabes,

qu'elle débutent par /b/, /d/, /l/, /m/ ou /n/, sont produites en moyenne dans les mêmes laps de temps, et ce pour chacun de nos sujets.

3.2.2 Valeurs formantiques

Cette section présentera, dans un premier temps, les valeurs formantiques, en Barks, des voyelles /a/, /i/ et /u/ de chacune des participantes. Dans un deuxième temps, les espaces acoustiques des sujets seront décrits grâce aux graphiques des triangles vocaliques et au calcul des distances euclidiennes.

La figure 3.3 présente les valeurs, sur l'échelle psychoacoustique des Barks, des voyelles étudiées. Notons que les voyelles de la plupart des sujets respecte le patron auquel on s'attend pour une telle voyelle; ce patron est schématisé à la figure 3.2.

Figure 3.2 Schéma d'une configuration standard des voyelles selon les valeurs de F1 et de F2

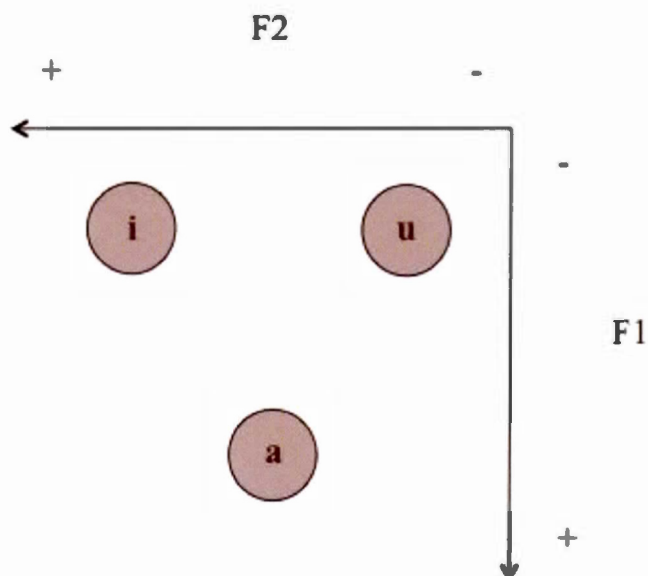
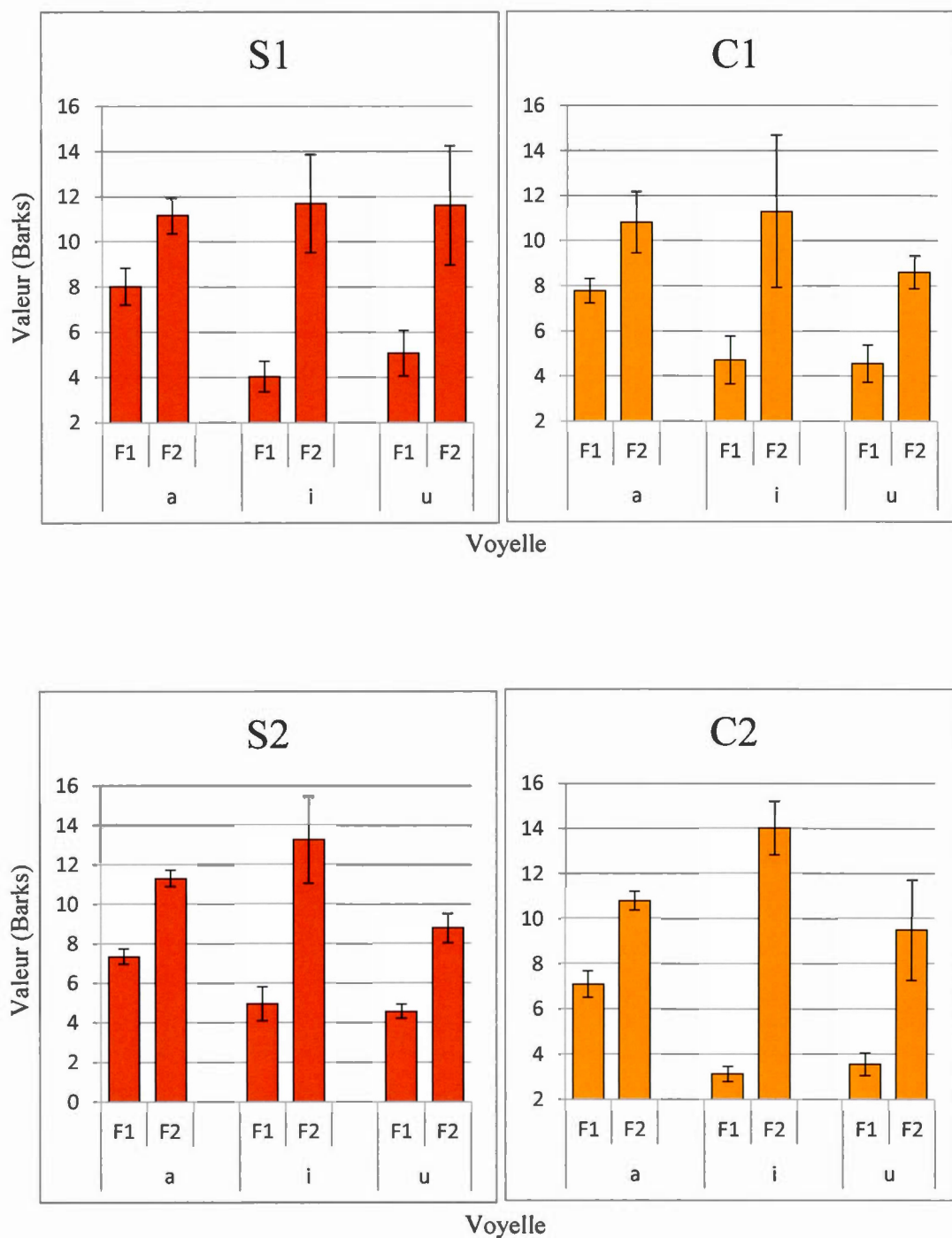
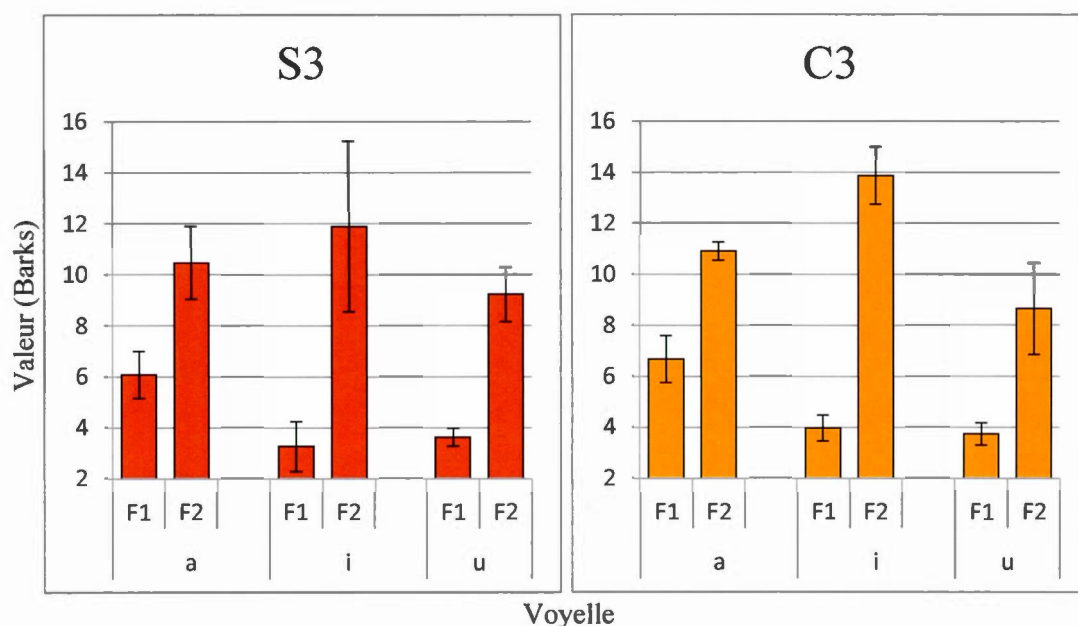


Figure 3.3 Moyennes et écarts-types (en Barks) des premier et deuxième formants, pour les voyelles /a/, /i/ et /u/, pour chaque paire de participants





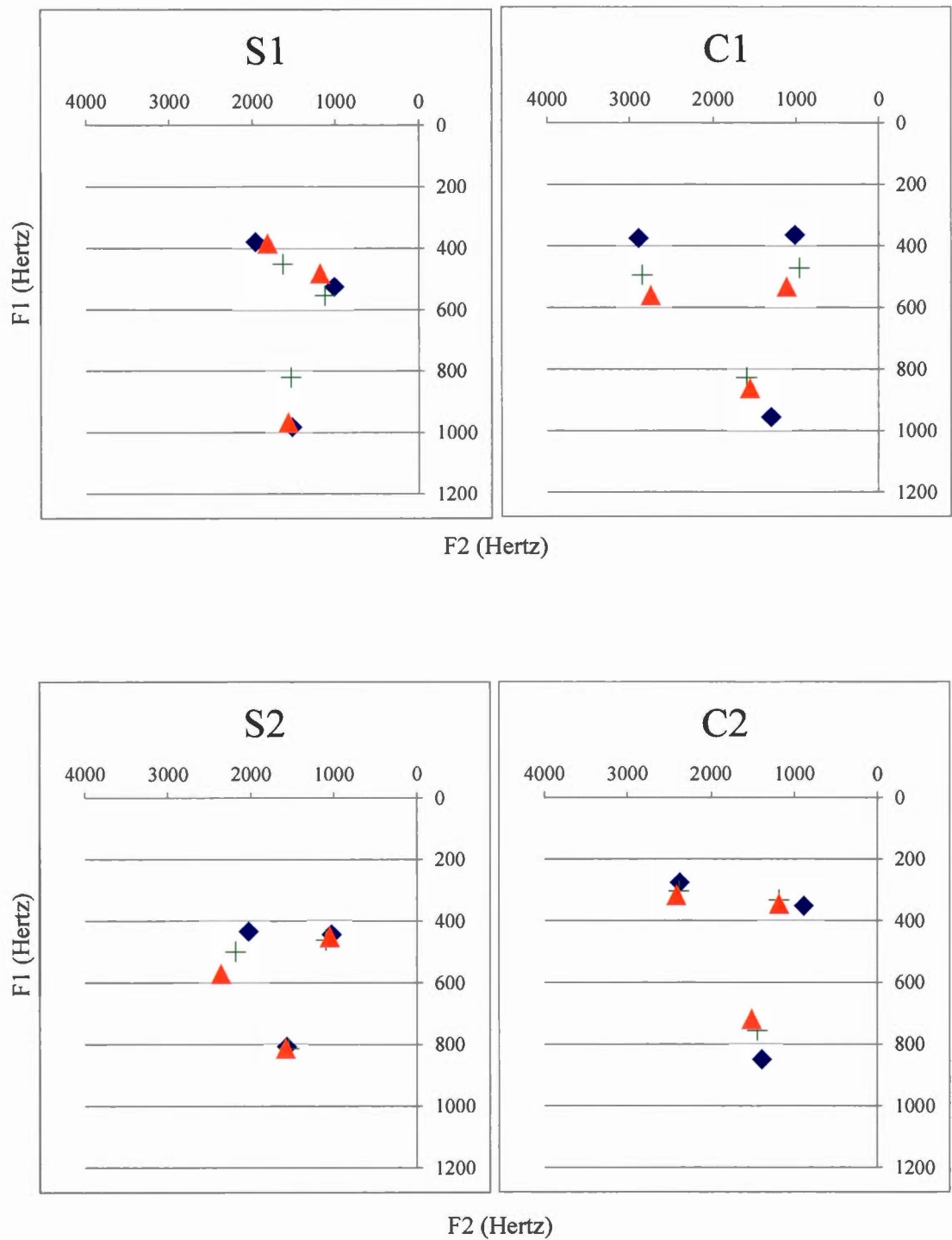
En effet, le /a/ possède, pour chacun des sujets, la valeur la plus élevée de F1; de même, la valeur de F2 la plus élevée est toujours associée au /i/; quant à elle, la valeur de F2 la moins élevée correspond au /u/, pour tous les sujets sauf pour S1. Bien que les graphiques semblent montrer des configurations plutôt proches entre les sujets, les tests de rangs signés de Wilcoxon dénotent plusieurs différences significatives, notamment pour les valeurs de F1 des paires S1-C1 et S2-C2, et pour les valeurs de F2 de la paire S3-C3. Les détails de ces analyses sont regroupés dans le tableau 3.4.

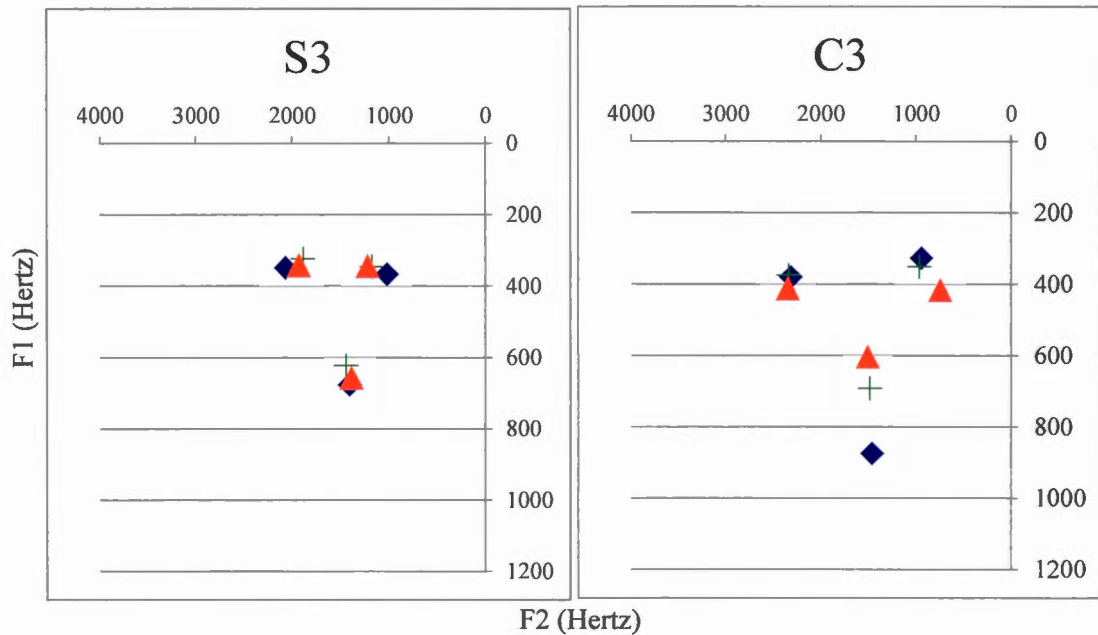
Tableau 3.4 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour les valeurs en Barks des voyelles /a/, /i/ et /u/, toutes conditions confondues
(ns=non significatif; *= $p<0,05$; **= $p<0,01$; ***= $p<0,001$)

		S1-C1		S2-C2		S3-C3	
		Z	Significativité	Z	Significativité	Z	Significativité
F1	a	-2,304	*	-2,996	**	-4,196	***
	i	-3,419	*	-6,729	***	-4,535	***
	u	-2,981	**	-6,221	***	-1,494	ns
F2	a	-1,112	ns	-5,691	***	-4,196	***
	i	-1,494	ns	-1,671	ns	-6,198	***
	u	-5,418	***	-1,862	ns	-3,482	***

Les premier et deuxième formants de chacune des voyelles cardinales produites par les sujets peuvent aussi être conceptualisés sous forme d'espace acoustique. En transposant dans un graphique les valeurs en Hertz de chacun de ces formants, nous obtenons les points les plus extrêmes utilisés par chaque sujet, délimitant ainsi son espace vocalique. Les triangles acoustiques de chaque paire de participantes sont présentés à la figure 3.4.

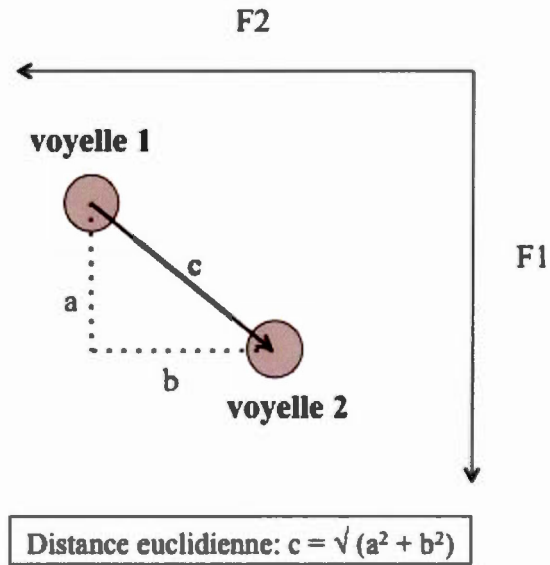
Figure 3.4 Espace acoustique pour chaque paire de participants, tel que déterminé par les voyelles cardinales /a/, /i/ et /u/, pour chacune des conditions de parole





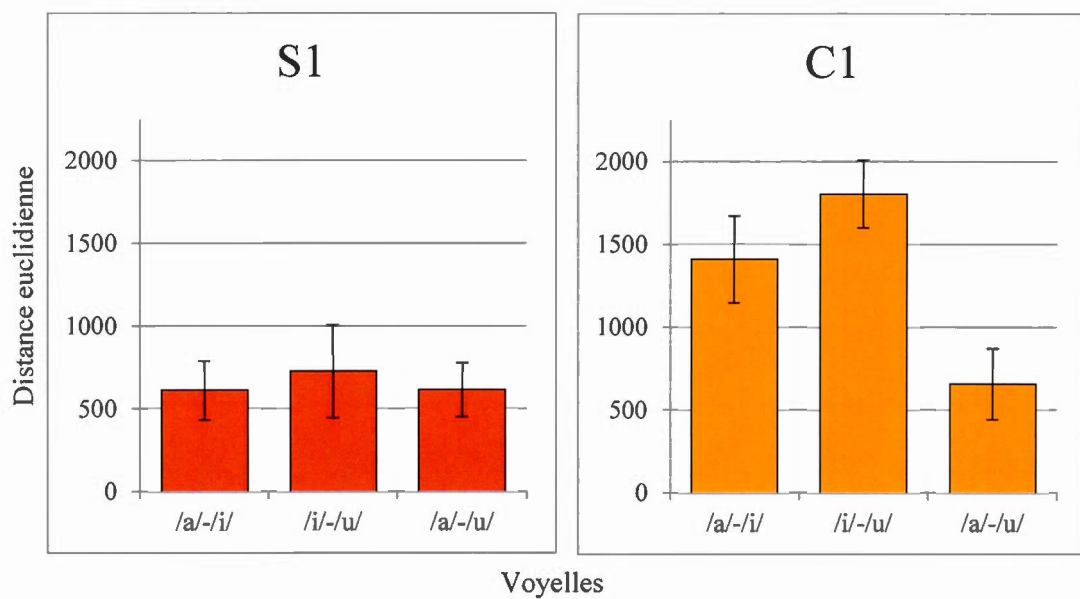
Il peut être remarqué que les espaces acoustiques des sujets atteints de DM1 sont en général plus restreints que ceux des sujets sains. Pour donner à cette observation une valeur plus objective, il est possible de calculer les distances euclidiennes entre les voyelles, grâce aux valeurs, en Hertz, de F1 et de F2. Ce calcul, défini à la figure 3.5, mesure la distance relative entre deux voyelles; une grande distance euclidienne sera associée à des voyelles bien distinctes l'une de l'autre.

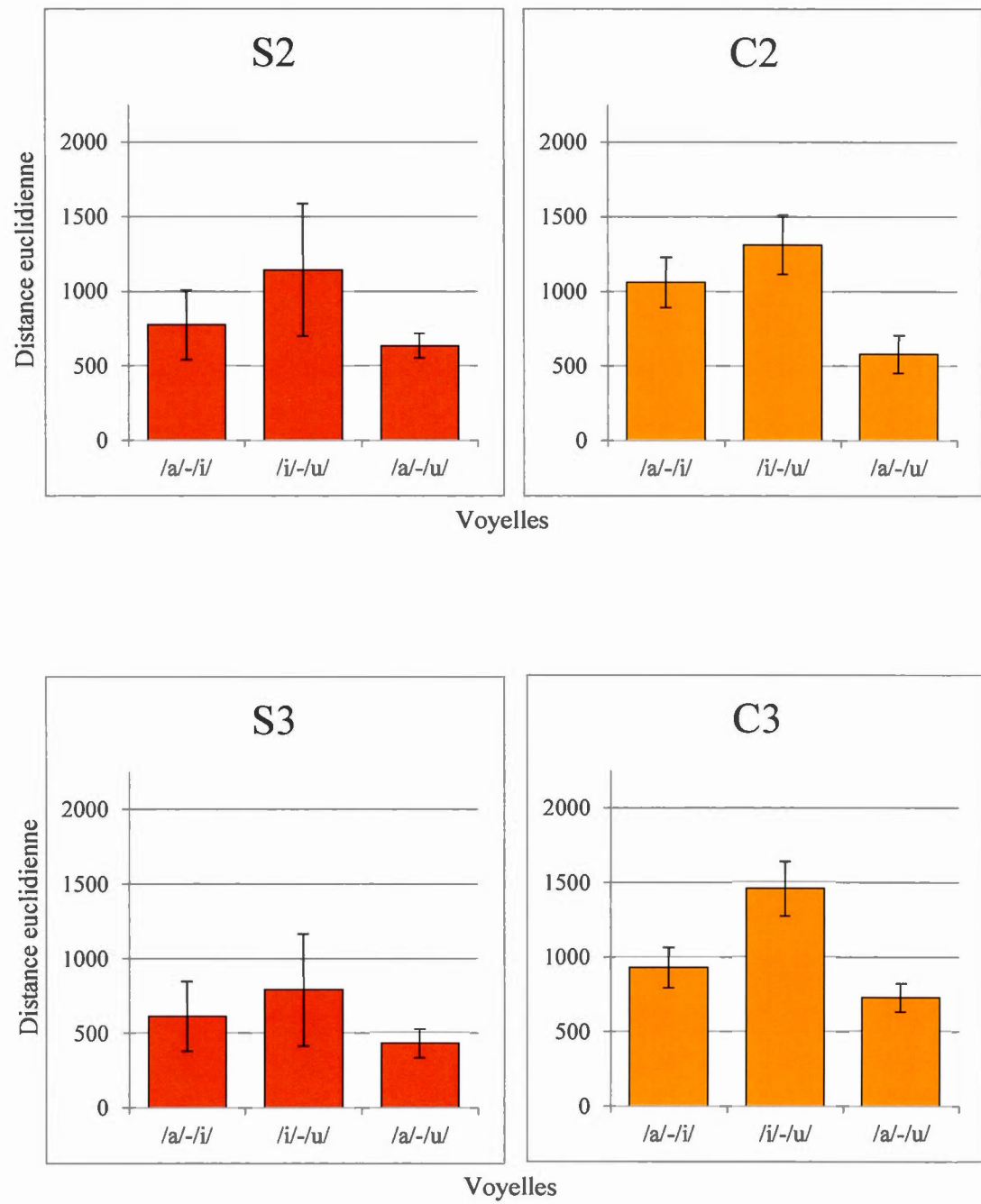
Figure 3.5 Calcul de la distance euclidienne (figure adaptée de Richard 2009)



Les détails des distances euclidiennes sont fournis à la figure 3.6.

Figure 3.6 Distances euclidiennes pour F1 et F2, toutes conditions confondues, pour chaque paire de participantes





Les résultats des distances euclidiennes confirment ce que nous avons pu observer grâce aux trapèzes acoustiques. Effectivement, les distances euclidiennes acoustiques sont, dans la très grande majorité des cas, supérieures chez le sujet contrôle. La distance entre le /i/ et le /u/ est la plus grande pour tous les sujets. Attardons-nous maintenant à la significativité de ces données. Le tableau 3.5 expose les résultats des tests non paramétriques effectués dans le but de comparer chacun des sujets DM1 avec son pair contrôle.

Tableau 3.5 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour les distances euclidiennes /a/-/i/, /a/-/u/ et /i/-/u/, pour F1 et F2, toutes conditions confondues, pour chacune des paires de sujets

(ns=non significatif; *=p<0,05; **=p<0,01; ***=p<0,001)

	S1-C1		S2-C2		S3-C3	
	Z	Significativité	Z	Significativité	Z	Significativité
Distance /a/ - /i/	-3,408	**	-3,01	**	-3,351	**
Distance /i/ - /u/	-3,408	**	-0,909	ns	-3,408	**
Distance /a/ - /u/	-0,738	ns	-1,14	ns	-3,408	**

La distance euclidienne entre chacune des voyelles est différente de manière significative pour la paire de sujets S3-C3. On peut donc bel et bien parler de voyelles moins distinctes entre elles pour la participante S3. Enfin, la paire S2-C2, quant à elle, n'entraîne de résultat significatif qu'avec la distance entre le /a/ et le /i/. Les sujets S1 et C1 montrent des différences significatives pour les distances entre /a/ et /i/ et entre /i/ et /u/.

3.3 Résultats articulatoires

Cette section est divisée en deux parties : la première s'attardera à l'analyse articulatoire des mouvements et positions de la langue, alors que la seconde sera axée sur l'analyse articulatoire des mouvements des lèvres.

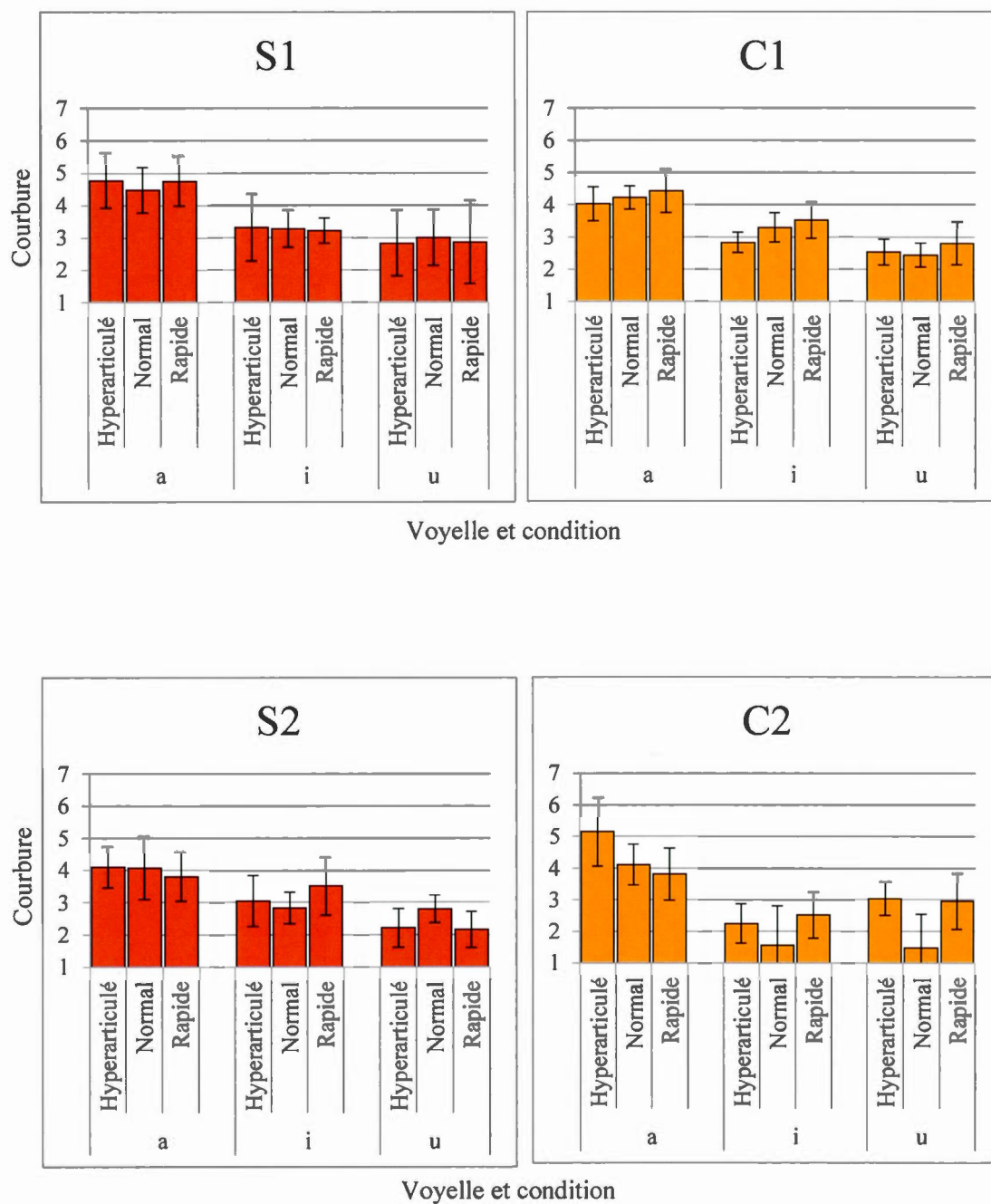
3.3.1 Analyse de la langue

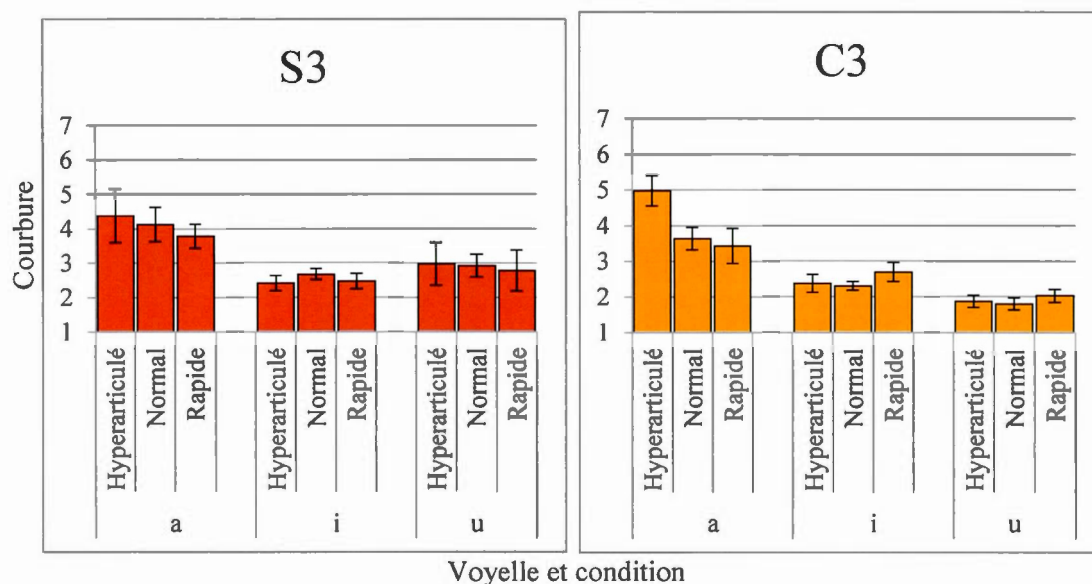
La configuration de la langue, c'est-à-dire les paramètres de courbure et d'asymétrie, ainsi que la position de la langue, soit les paramètres d'antériorité et de hauteur, ont été calculés au milieu de chacune des voyelles. Les quatre paramètres seront présentés de manière uniforme, soit en tenant compte de la voyelle et de la condition de parole.

3.3.1.1 Courbure

Les données relatives à la courbure de la langue apparaissent dans la figure 3.7. La courbure de la langue, rappelons-le, est mesurée en divisant la base du triangle par sa hauteur. Une plus petite valeur sur l'échelle signifie une courbure plus accentuée. Il est attendu que les voyelles hautes, comme le /i/ et le /u/, donnent lieu à des valeurs plus petites qu'une voyelle basse comme le /a/, puisque, pour les produire, la langue se recourbe en guise de stratégie pour se positionner plus haut dans la bouche.

Figure 3.7 Moyennes et écarts-types de courbure de la langue pour les voyelles /a/, /i/ et /u/, selon chacune des conditions de parole, pour chaque paire de participantes





Dans les graphiques de la figure 3.7, le /a/ est effectivement associé à des valeurs plus grandes, et donc à une courbure moins prononcée. Il semble également que, lors de plusieurs productions, la langue d'un sujet DM1 soit plus plate que celle du sujet contrôle qui lui est apparié. Les résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon, présentés au tableau 3.6, ont servi à vérifier cette observation.

Tableau 3.6 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour la courbure de la langue, pour chacune des voyelles dans les trois conditions de parole, pour chacune des paires de sujets

(ns=non significatif; *= $p<0,05$; **= $p<0,01$; ***= $p<0,001$)

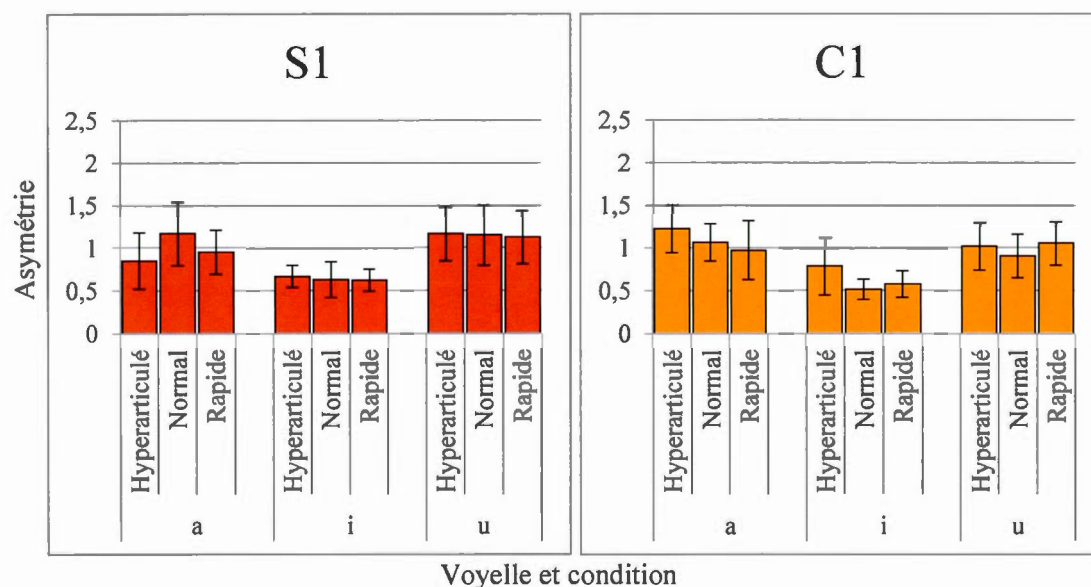
		S1-C1		S2-C2		S3-C3	
		Z	Significativité	Z	Significativité	Z	Significativité
Hyperarticulé	a	-2,415	*	-2,689	**	-2,725	**
	i	-2,133	*	-2,897	**	-0,725	ns
	u	-0,497	ns	-3,174	**	-3,920	***
Normal	a	-1,195	ns	-0,392	ns	-3,099	**
	i	-0,373	ns	-3,435	**	-2,521	*
	u	-2,875	**	-3,547	***	-3,920	***
Rapide	a	-1,587	ns	0,000	ns	-2,133	*
	i	-1,736	ns	-2,457	*	-2,091	*
	u	0,000	ns	-3,286	**	-3,920	***

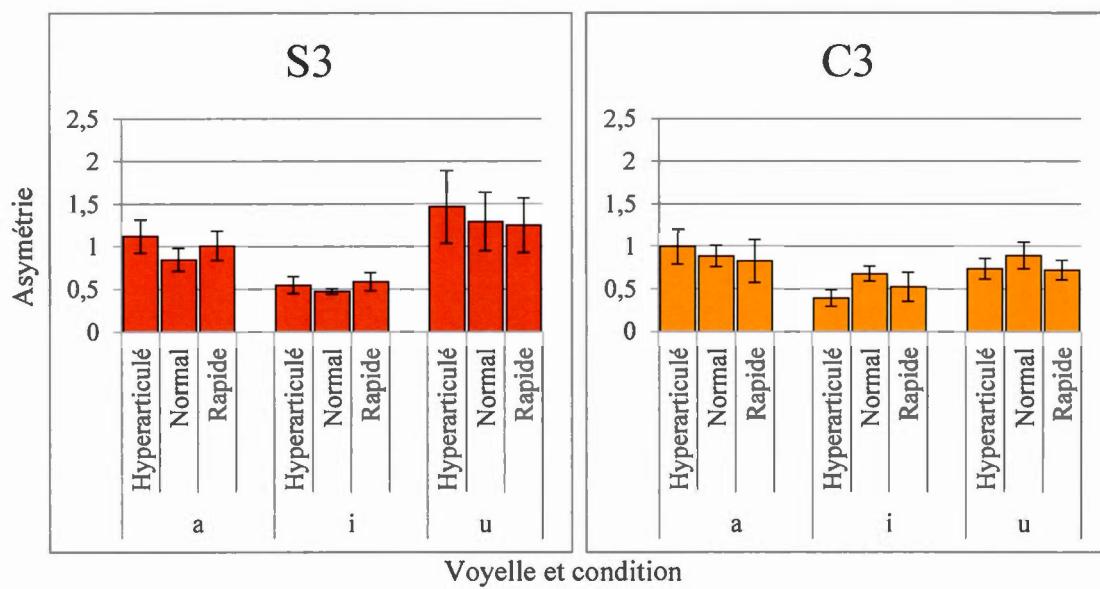
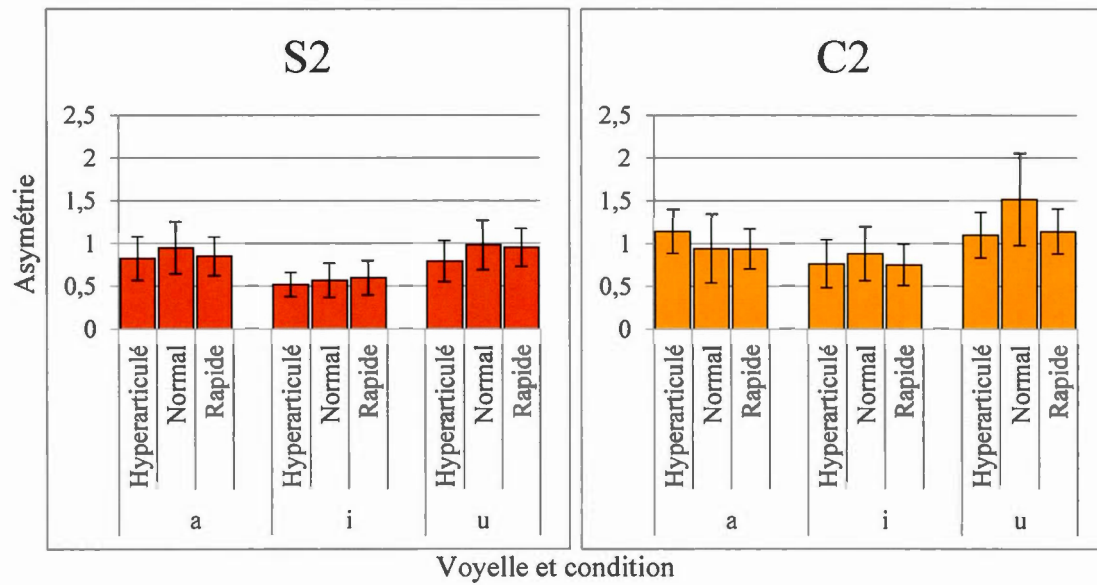
Ces données témoignent d'un certain nombre de différences significatives en ce qui a trait à la courbure de la langue. Ces différences appartiennent surtout aux paires S2-C2 et S3-C3, dont le sujet DM1 présente des courbures moins prononcées lors de la production de /i/ et /u/, sauf en condition hyperarticulée pour S3-C3. Les différences significatives se trouvent en moins grand nombre chez la paire S1-C1, dont les participantes semblent donc produire les voyelles avec une courbure plutôt similaire.

3.3.1.2 Asymétrie

Les résultats d'asymétrie de la langue pour les voyelles sont présentés à la figure 3.8. Permettons-nous ici de faire un rappel sur la méthode de calcul de l'asymétrie. Il s'agit de la position, sur l'axe des x, de la courbure de la langue. Plus l'indice d'asymétrie est élevé, plus la courbure se trouve vers la racine de la langue. Ainsi, un petit indice d'asymétrie indiquera une langue dont le point de courbure est situé plus près de l'apex de la langue.

Figure 3.8 Moyennes et écarts-types d'asymétrie de la langue pour les voyelles /a/, /i/ et /u/, selon chacune des conditions de parole, pour chaque paire de participantes





Si l'on considère les graphiques de la figure 3.8, on comprend que l'asymétrie de la langue pendant le /i/ est située plus à l'avant, pour tous les sujets, ce qui correspond à une observation classique.

Les données illustrées dans les graphiques ont été soumises aux tests de rangs signés de Wilcoxon, dont les résultats sont rapportés au tableau 3.7.

Tableau 3.7 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour l'asymétrie de la langue, pour chacune des voyelles dans les trois conditions de parole, pour chacune des paires de sujets

(ns=non significatif; *= $p<0,05$; **= $p<0,01$; ***= $p<0,001$)

		S1-C1		S2-C2		S3-C3	
		Z	Significativité	Z	Significativité	Z	Significativité
Hyperarticulé	a	-3,678	***	-2,556	*	-2,671	**
	i	-1,409	ns	-3,007	**	-3,810	***
	u	-1,823	ns	-2,987	**	-3,734	***
Normal	a	-0,840	ns	-0,523	ns	-1,133	ns
	i	-2,110	*	-2,737	**	-2,527	*
	u	-1,873	ns	-2,667	**	-3,809	***
Rapide	a	-0,149	ns	-1,326	ns	-2,505	*
	i	-0,967	ns	-1,931	ns	-2,054	*
	u	-0,784	ns	-2,510	*	-3,884	***

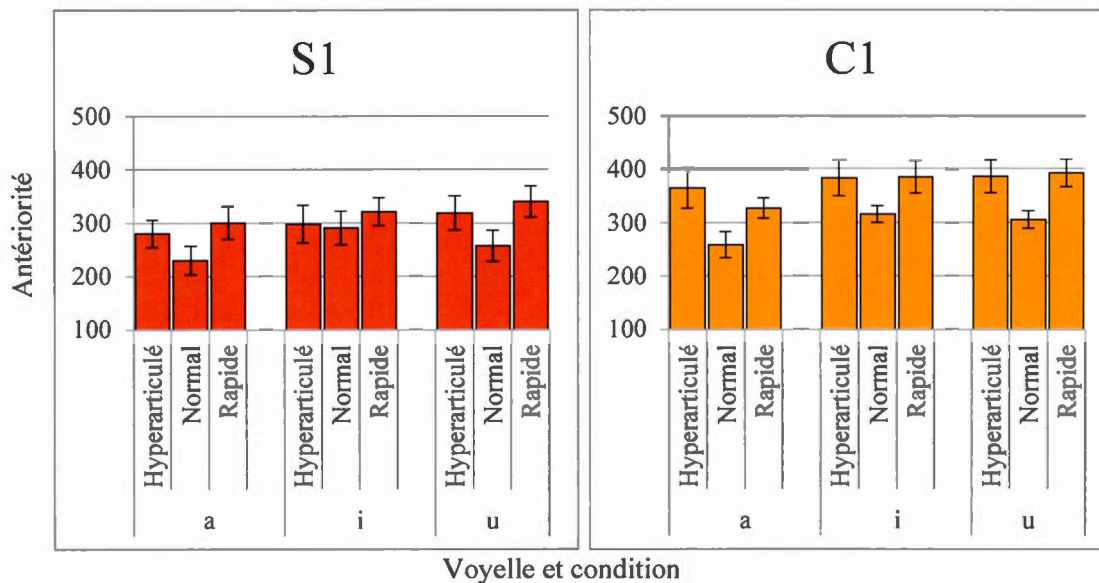
Ces analyses révèlent que les différences en termes d'asymétrie de la langue sont surtout significatives pour la paire de sujets S3-C3. Elles le sont également quelques fois pour la paire de sujets S2-C2, pour les voyelles produites en condition de parole hyperarticulée, par exemple. La paire S1-C1 présente, quant à elle, des différences beaucoup moins significatives en ce qui a trait à l'asymétrie de la langue.

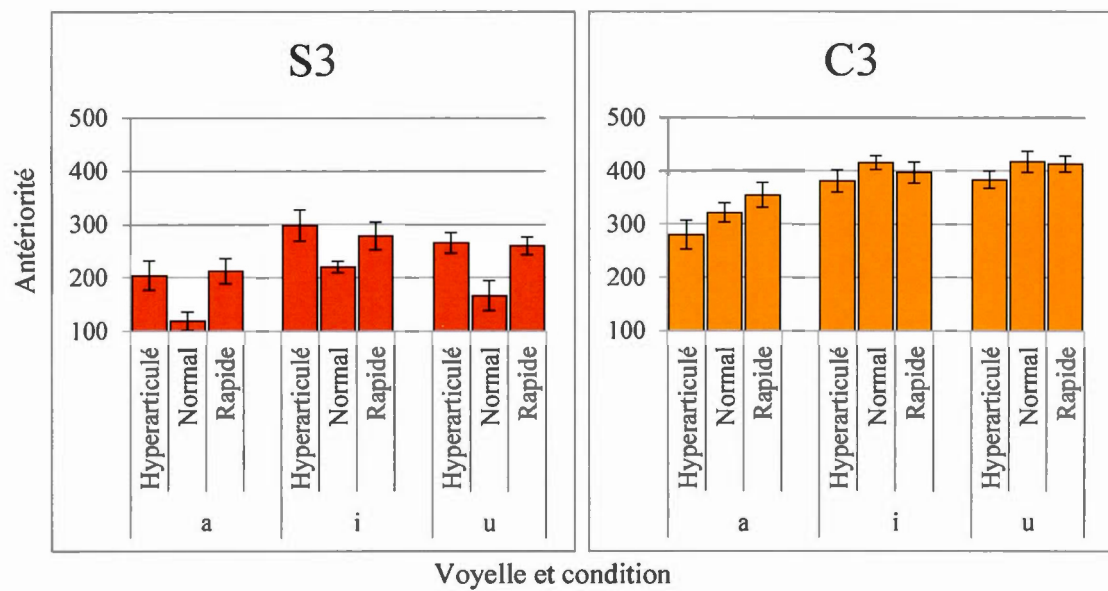
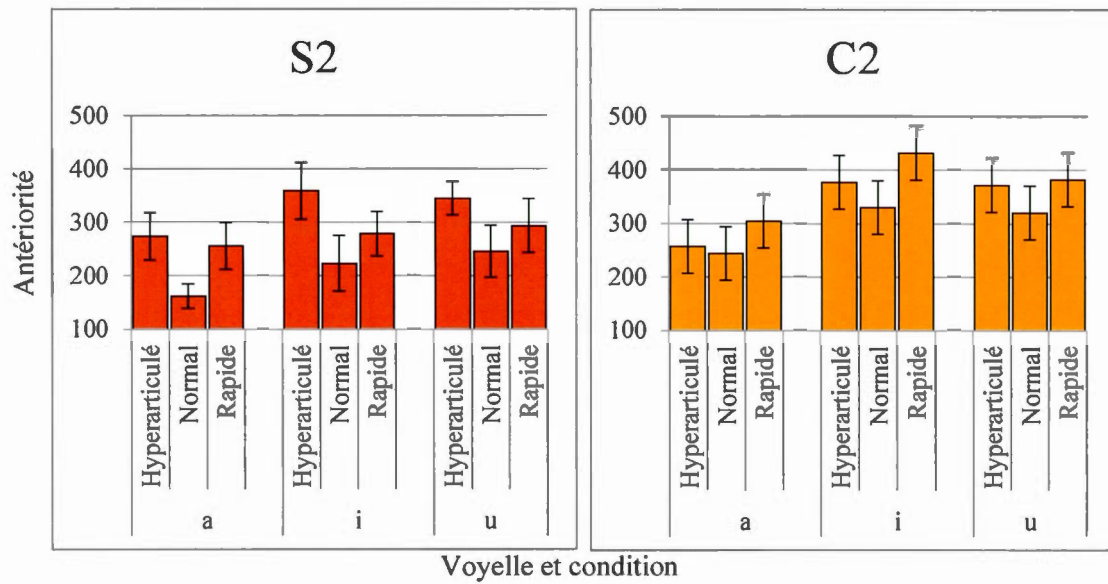
3.3.1.3 Antériorité

La figure 3.9 s'attardera au paramètre d'antériorité de la langue; c'est-à-dire à sa position plus avant ou plus arrière dans la bouche. Le calcul s'effectue par rapport au

point le plus antérieur atteint par le point le plus élevé du triangle. Pour les graphiques ci-dessus, il faut savoir qu'une valeur plus élevée indique un positionnement plus antérieur dans la bouche.

Figure 3.9 Moyennes et écarts-types d'antériorité de la langue pour les voyelles /a/, /i/ et /u/, selon chacune des conditions de parole, pour chaque paire de participantes





Les résultats se conforment, ici aussi, au schéma attendu; le /i/, par exemple, est prononcé de manière plus antérieure que le /a/, dans toutes les conditions, et pour tous les sujets. Il semble qu'en général, les participantes DM1 aient produit les voyelles avec la langue plus reculée dans la bouche que leurs pairs saines. Les résultats des analyses des rangs signés de Wilcoxon, présentés au tableau 3.8, vont en ce sens.

Tableau 3.8 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour l'antériorité de la langue, pour chacune des voyelles dans les trois conditions de parole, pour chacune des paires de sujets

(ns=non significatif; *= $p<0,05$; **= $p<0,01$; ***= $p<0,001$)

		S1-C1		S2-C2		S3-C3	
		Z	Significativité	Z	Significativité	Z	Significativité
Hyperarticulé	a	-3,920	***	-1,293	ns	-3,920	***
	i	-3,823	***	-1,529	ns	-3,920	***
	u	-3,385	**	-2,539	*	-3,920	***
Normal	a	-2,464	**	-3,920	***	-3,920	***
	i	-2,389	**	-3,808	***	-2,521	*
	u	-3,883	***	-3,845	***	-3,920	***
Rapide	a	-2,520	*	-2,427	*	-3,823	***
	i	-3,808	***	-3,516	***	-3,920	***
	u	-3,547	***	-3,509	***	-3,920	***

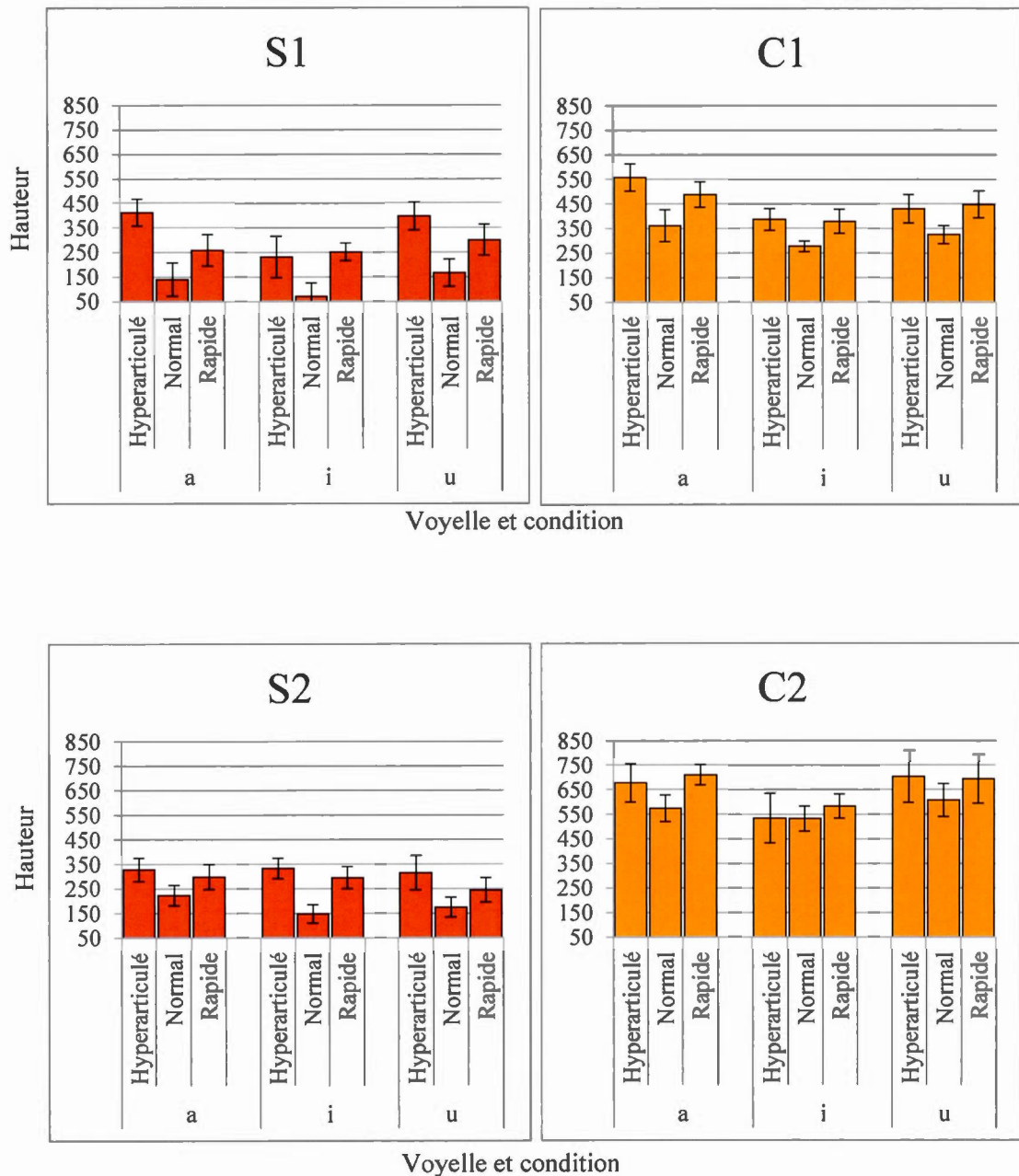
Effectivement, à l'exclusion des voyelles /a/ et /i/ en condition de parole hyperarticulée pour la paire de sujets S2-C2, toutes les différences sont significatives, et ces différences mettent chaque fois en jeu une postériorité plus marquée de la langue pour le sujet DM1 que pour le sujet sain.

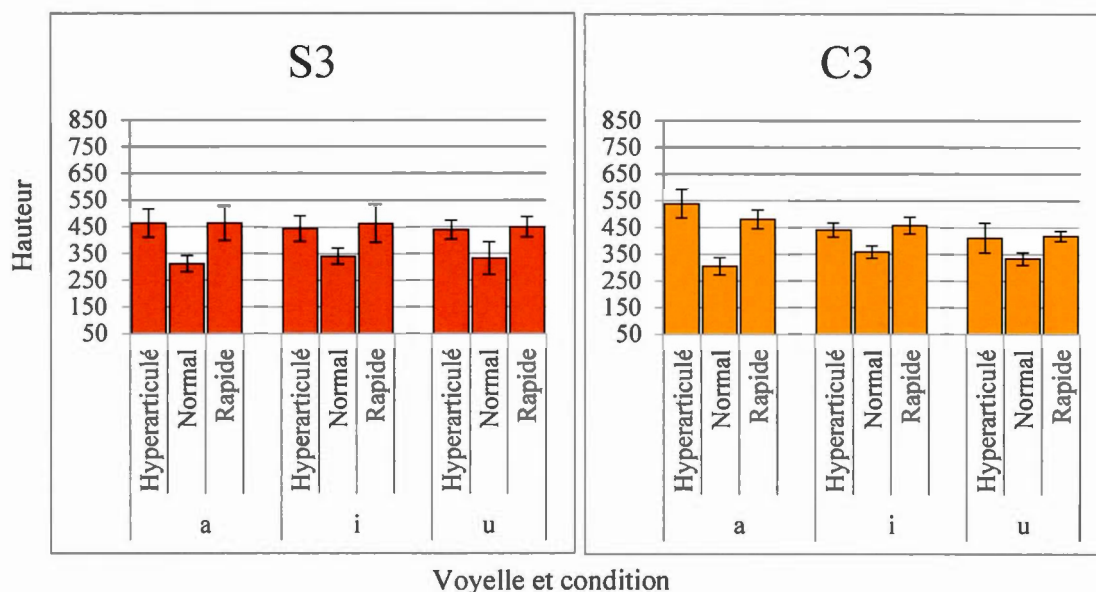
3.3.1.4 Hauteur

Le dernier paramètre qui peut être observé grâce aux coupes sagittales des images ultrasons concerne la hauteur de la langue. Il s'agit donc simplement de considérer le point le plus haut de la cavité buccale qu'atteint la langue. Les résultats de ces

analyses se trouvent à la figure 3.10. Pour les graphiques contenus dans cette figure, plus la valeur de l'axe vertical est grande, plus la position de la langue est basse.

Figure 3.10 Moyennes et écarts-types de hauteur de la langue pour les voyelles /a/, /i/ et /u/, selon chacune des conditions de parole, pour chaque paire de participants





Bien que les résultats illustrés ici soient moins tranchés entre les voyelles, le /a/ montre tout de même une tendance à être positionné moins haut dans la bouche que le /i/ et le /u/. Ce qui attire l'attention, toutefois, est la différence entre nos participantes DM1 et nos participantes saines. En effet, les valeurs de S1 sont particulièrement basses par rapport à celles de C1, ce qui suggère que la langue de S1 serait plus haute pendant la production de voyelles que celle de C1, et l'observation se répète pour les sujets S2 et C2. Les participantes S3 et C3, cependant, exposent des valeurs de hauteur assez similaires entre elles. Les données à l'origine des graphiques ont été soumises à des tests de rangs signés de Wilcoxon; les résultats sont détaillés au tableau 3.9.

Tableau 3.9 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour la hauteur de la langue, pour chacune des voyelles dans les trois conditions de parole, pour chacune des paires de sujets
(ns=non significatif, *= $p<0,05$; **= $p<0,01$; ***= $p<0,001$)

		S1-C1		S2-C2		S3-C3	
		Z	Significativité	Z	Significativité	Z	Significativité
Hyperarticulé	a	-3,846	***	-3,516	***	-3,771	***
	i	-3,823	***	-3,823	***	-0,747	ns
	u	-3,621	***	-3,920	***	-1,680	ns
Normal	a	-3,883	***	-3,771	***	-0,448	ns
	i	-3,920	***	-3,920	***	-0,420	ns
	u	-3,920	***	-3,920	***	-0,112	ns
Rapide	a	-1,972	*	-3,920	***	-2,093	ns
	i	-3,920	***	-3,516	***	-0,112	ns
	u	-3,920	***	-3,920	***	-2,912	**

On remarque donc que les différences de hauteur sont significatives pour toutes les voyelles, dans toutes les conditions, pour les paires de sujets S1-C1 et S2-C2. Les participantes DM1, dans ces cas, voient leur langue positionnée plus haut dans la cavité buccale que leurs pairs contrôles. Il n'existe que très peu de différences significatives à cet égard entre S3 et C3; seul le /a/ en condition de parole hyperarticulée et rapide, ainsi que le /u/ tiré de la parole rapide, ont des différences dont la valeur franchit le seuil de la significativité.

Afin d'obtenir une idée globale de la mobilité de la langue, on peut calculer des distances euclidiennes entre chacune des paires de voyelles, soit /a/-/i/, /a/-/u/ et /i/-/u/, en utilisant les données de hauteur et d'antériorité de la langue (voir figure 3.11 pour la formule). Ces distances sont présentées à la figure 3.12.

Figure 3.11 Calcul de la distance euclidienne avec les données de hauteur et d'antériorité de la langue

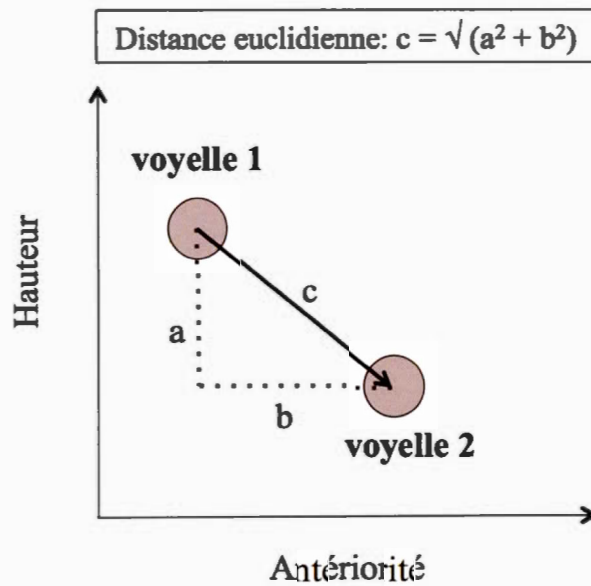
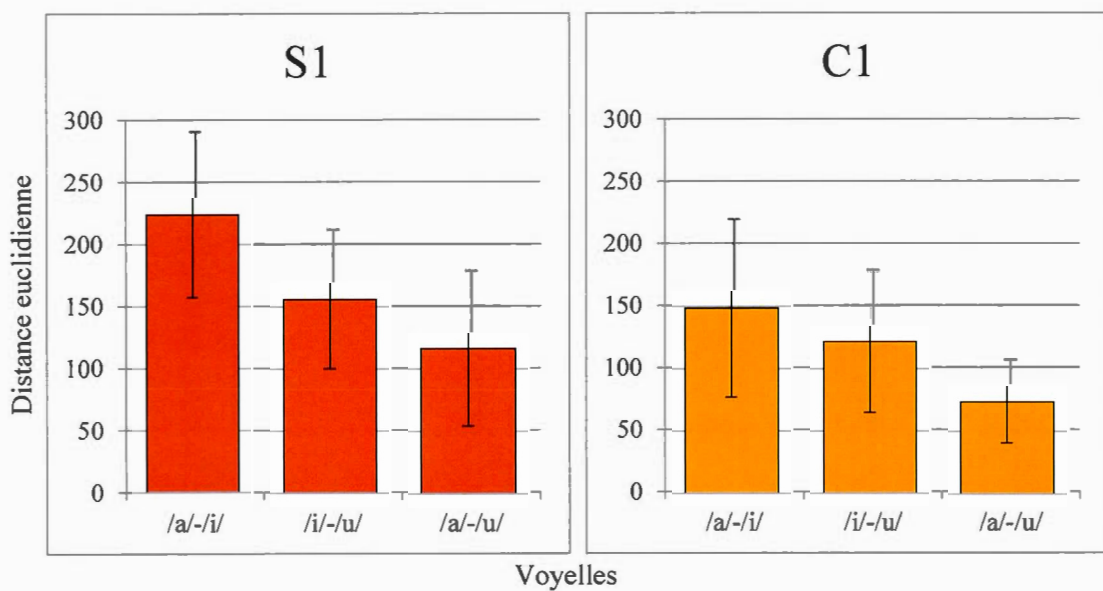
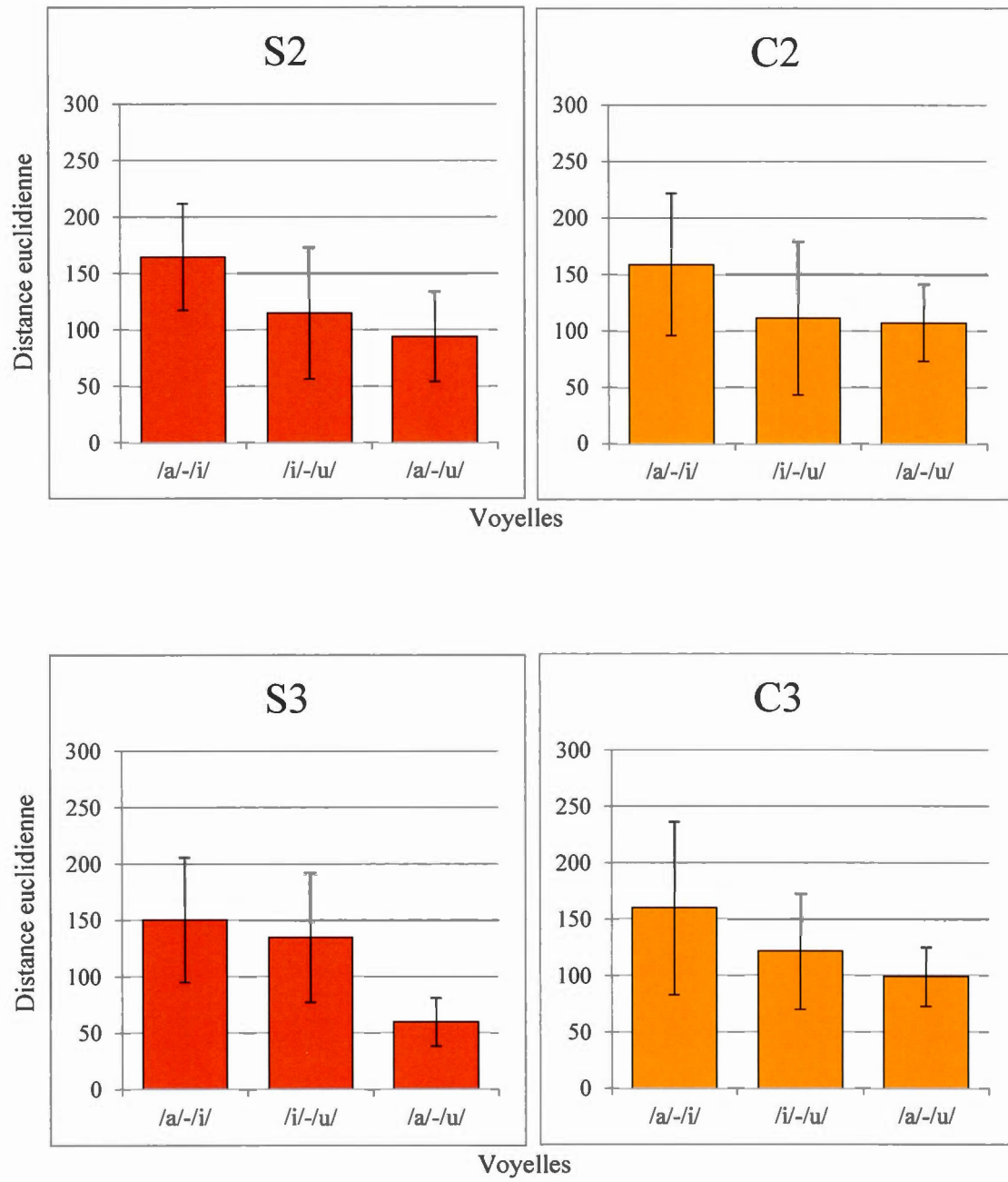


Figure 3.4





Pour tous les sujets, les graphiques de la figure 3.12 montrent que la distance euclidienne entre /a/ et /i/ est la plus grande, et celle comprise entre /i/ et /u/ est la plus ténue. À l'intérieur de chaque paire de sujets, les plus grandes distances euclidiennes n'appartiennent pas toujours au sujet contrôle. En effet, pour la première paire de sujets, la participante DM1 obtient des distances euclidiennes supérieures à sa pair contrôle. La deuxième paire de sujets affiche des distances à peu près équivalentes des deux côtés. Pour la troisième paire de sujets, c'est plutôt la participante contrôle qui semble engendrer des distances euclidiennes articulatoires légèrement plus grandes. Les analyses statistiques – des tests de rangs signés de Wilcoxon – peuvent être observées au tableau 3.10.

Tableau 3.10 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour les distances euclidiennes /a/-/i/, /a/-/u/ et /i/-/u/, pour l'antériorité et la hauteur, toutes conditions confondues, pour chacune des paires de sujets
(ns=non significatif; *= $p<0,05$; **= $p<0,01$; ***= $p<0,001$)

	S1-C1		S2-C2		S3-C3	
	Z	Significativité	Z	Significativité	Z	Significativité
Distance /a/ - /i/	-2,669	**	-0,384	ns	-0,863	ns
Distance /i/ - /u/	-1,761	ns	-0,157	ns	-0,392	ns
Distance /a/ - /u/	-2,272	*	-0,910	ns	-3,010	**

On y remarque que la supériorité des valeurs de S1 par rapport à celles de C1 est significative pour la distance entre /a/ et /i/, et entre /a/ et /u/. Le seul autre élément significatif est celui de la distance entre /a/ et /u/, pour la paire S3-C3, qui révèle une distance plus grande pour la participante contrôle que pour la participante DM1.

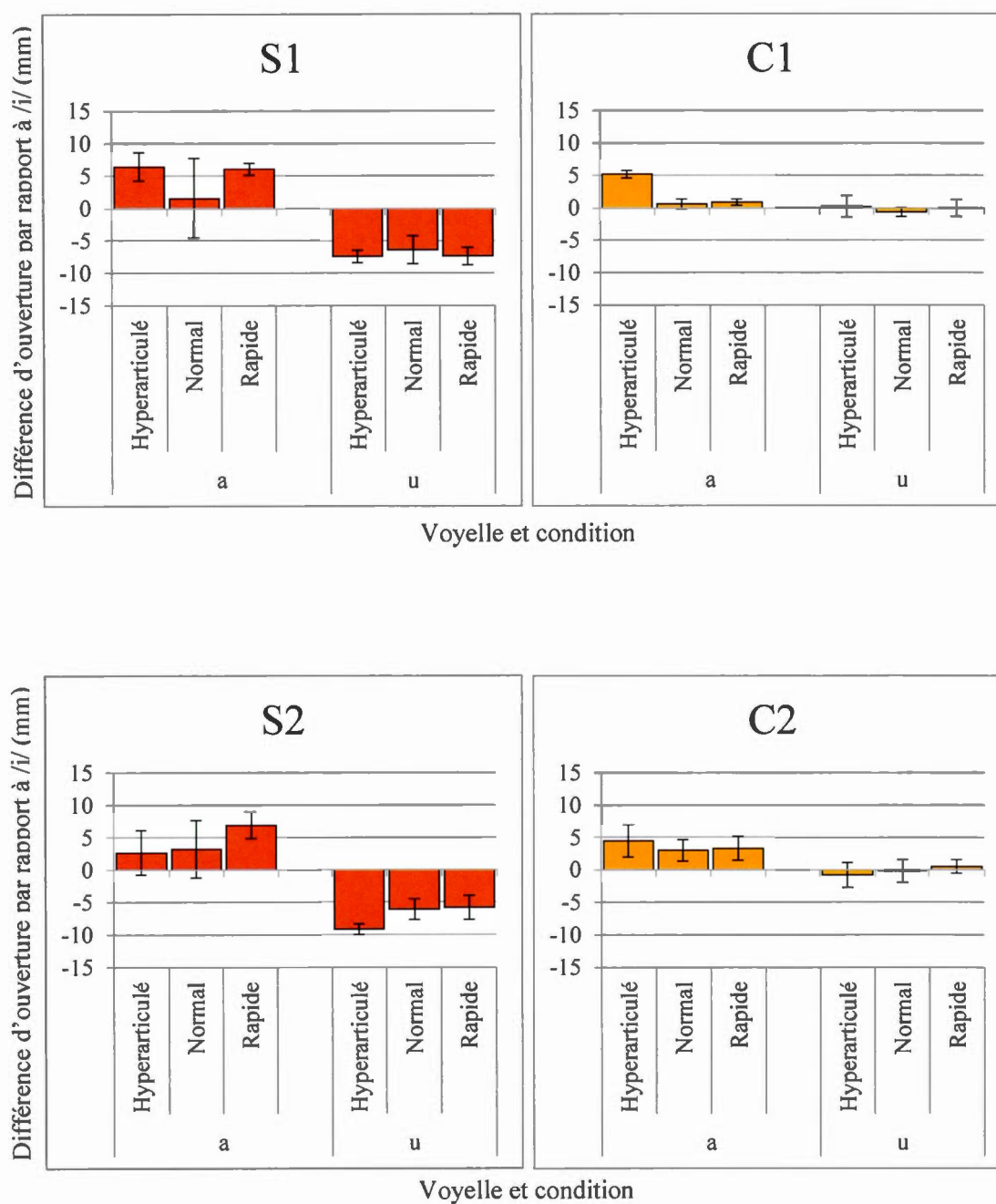
3.3.2 Analyse des lèvres

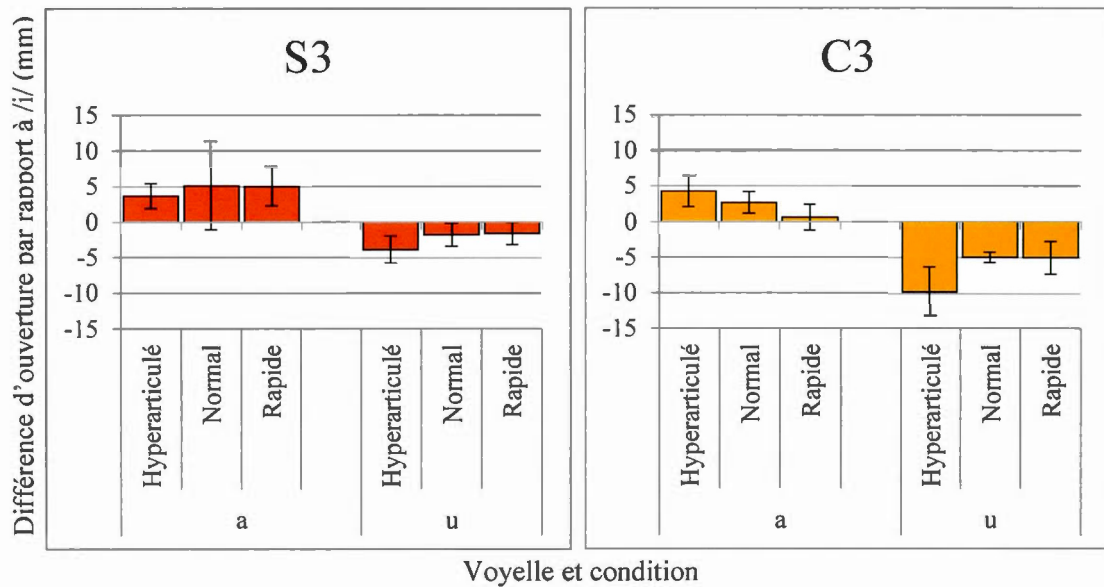
Cette section rapportera les résultats propres aux mouvements des lèvres. Dans un souci de rendre les résultats les plus relatives possible, les données des voyelles /a/ et /u/ ont été mises en relation avec celles du /i/, qui tiennent lieu de point de comparaison. Cette méthode permet d'observer s'il existe un certain degré de contraste articulaire entre les voyelles de chaque sujet. Les tests des rangs signés de Wilcoxon permettent ensuite de déterminer si les contrastes retrouvés au sein d'un sujet sont importants ou non par rapport à ceux que produit le sujet apparié.

3.3.2.1 Ouverture

Les résultats relatifs à l'ouverture des lèvres apparaissent à la figure 3.13. Rappelons d'abord que le calcul de l'ouverture prend en compte la différence entre la position du capteur de la lèvre supérieure et celle du capteur de la lèvre inférieure, sur l'axe haut-bas. Ensuite, pour en arriver aux graphiques que l'on retrouve à la figure 3.13, on soustrait la valeur d'ouverture de /i/ de celle de /a/, puis de celle de /u/. Les soustractions ($/a/ - /i/$ et $/u/ - /i/$) sont effectuées sur la moyenne des quatre répétitions de chacun des cinq contextes consonantiques. Une valeur positive indiquera donc une ouverture plus grande que lors de la production du /i/, alors qu'une valeur négative témoignera plutôt d'une ouverture moins grande que celle du /i/.

Figure 3.13 Moyennes et écarts-types des différences d'ouverture des lèvres, par rapport à /i/, lors de la production de /a/ et /u/, selon toutes les conditions de parole, pour chaque paire de participants





La figure 3.13 exhibe des schémas assez classiques, en cela que le /a/ donne lieu à une plus grande ouverture que le /i/, et ce pour tous les sujets; le /i/ est à son tour prononcé avec les lèvres plus ouvertes que pour le /u/, dans la très grande majorité des cas. Des analyses statistiques non paramétriques ont ici aussi servi à comparer chacun des sujets DM1 avec le sujet apparié; les résultats de ces analyses paraissent au tableau 3.11.

Tableau 3.11 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour la différence d'ouverture des lèvres de /a/ et /u/ par rapport à /i/, selon les trois conditions de parole, pour chacune des paires de sujets
(ns=non significatif; *=p<0,05; **=p<0,01; ***=p<0,001)

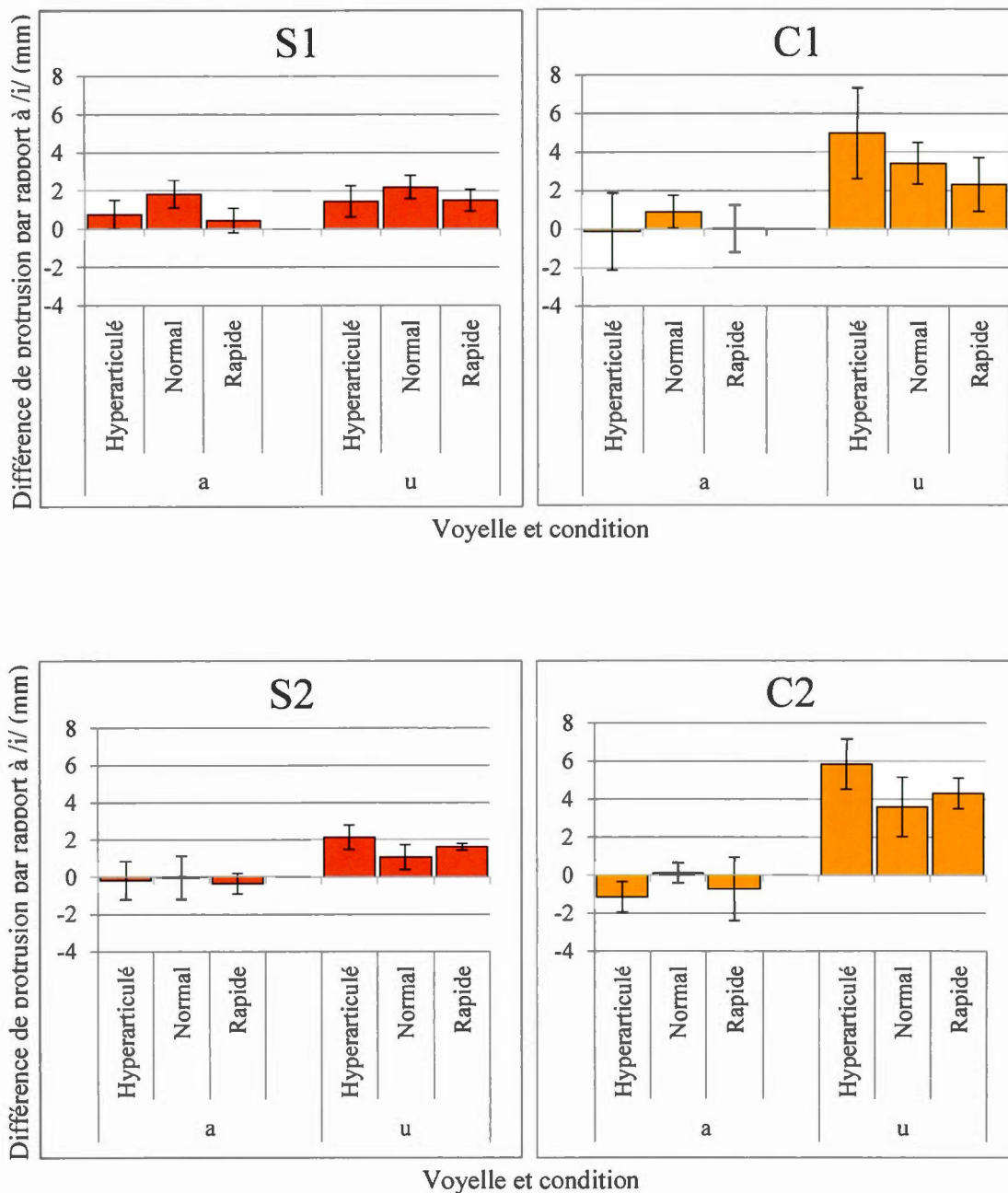
		S1-C1		S2-C2		S3-C3	
		Z	Significativité	Z	Significativité	Z	Significativité
Hyperarticulé	a	-1,214	ns	-0,730	ns	-1,095	ns
	u	-2,023	*	-2,023	*	-2,023	*
Normal	a	-0,405	ns	-0,405	ns	-0,447	ns
	u	-2,023	*	-2,023	*	-1,342	ns
Rapide	a	-2,023	*	-1,826	ns	-2,023	*
	u	-2,023	*	-1,826	ns	-2,023	*

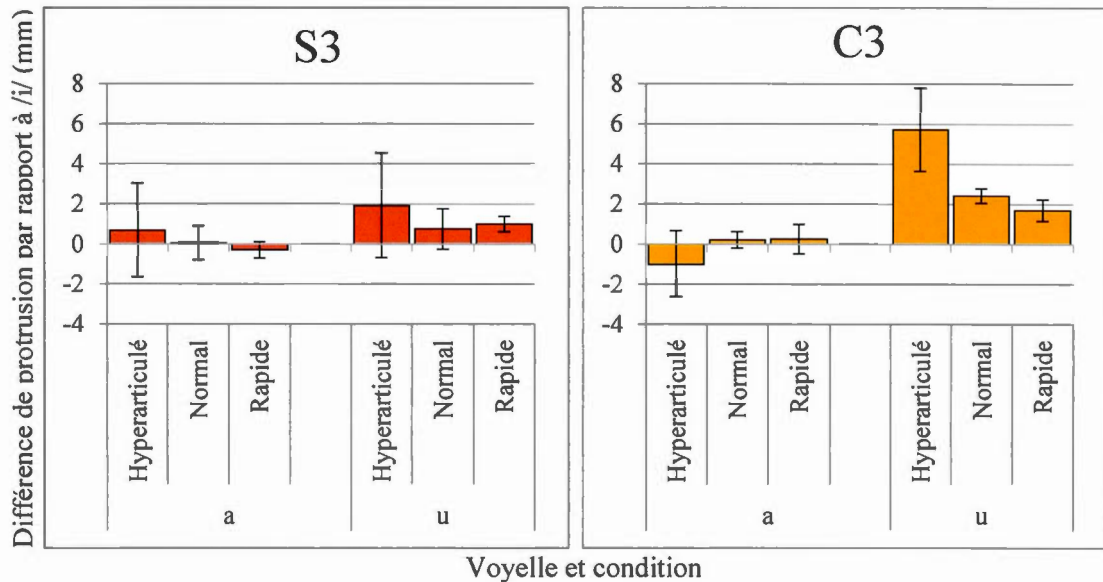
Notons d'abord que la moitié des différences sont significatives. De celles-là, deux seules concerne le contraste /a/-/i/; les autres sont liées au contraste /u/-/i/. La différence dans l'ouverture des lèvres lors de la production d'un /a/ ou d'un /i/ est donc assez similaire à l'intérieur de chaque paire de sujets. La différence entre l'ouverture des lèvres lors de la production d'un /u/ ou d'un /i/, quant à elle, est plus accentuée chez le sujet DM1, dans la plupart des cas.

3.3.2.2 Protrusion

Les résultats liés à la protrusion des lèvres, c'est-à-dire à leur projection vers l'avant, sont illustrés sous forme de graphiques à la figure 3.14. La protrusion est mesurée grâce au capteur de la lèvre supérieure, en calculant, sur l'axe avant-arrière, la différence entre sa position lors de la production d'un /i/ et d'un /a/, puis entre sa position lors de la production d'un /i/ et d'un /u/. Encore une fois, les soustractions (/a/ - /i/ et /u/ - /i/) ont été effectuées sur la moyenne des quatre répétitions de chacun des cinq environnements consonantiques. Des valeurs en deçà de zéro signifient que la voyelle a été produite avec une protrusion moindre que lors de la production du /i/, qui est, rappelons-le, une voyelle très peu protruse.

Figure 3.5 Moyennes et écarts-types des différences de protrusion des lèvres, par rapport à /i/, lors de la production de /a/ et /u/, selon toutes les conditions de parole, pour chaque paire de participants





Pour tous les sujets, le /u/ est donc la voyelle entraînant le plus de protrusion, le /i/ et le /a/ s'échangeant la deuxième place avec de subtils contrastes. Les données représentées dans les graphiques de la figure 3.14 ont également été soumises aux tests de rangs signés de Wilcoxon, dont les résultats apparaissent au tableau 3.12.

Tableau 3.12 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour la différence de protrusion des lèvres de /a/ et /u/ par rapport à /i/, selon les trois conditions de parole, pour chacune des paires de sujets

(ns=non significatif; *=p<0,05; **=p<0,01; ***=p<0,001)

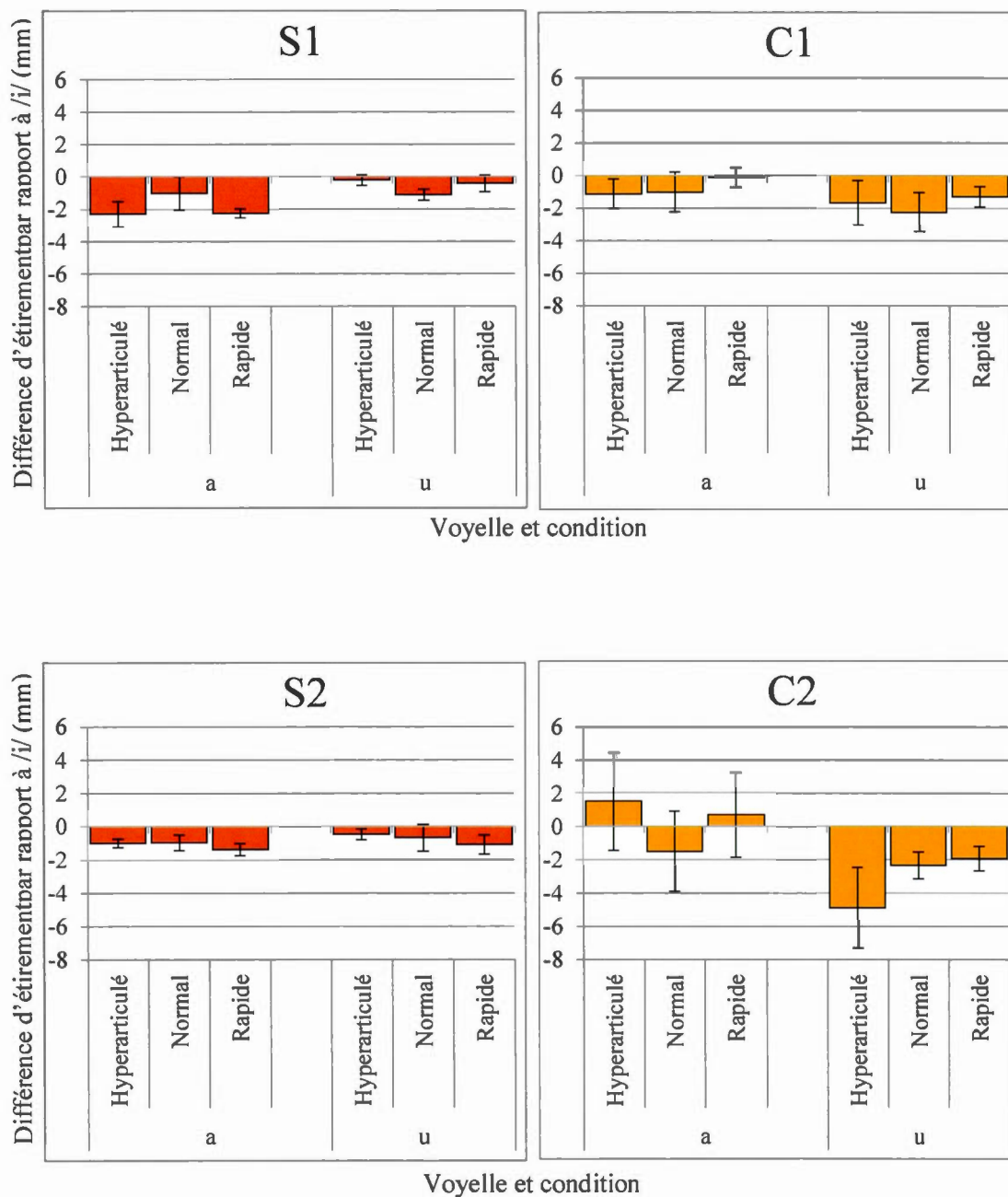
		S1-C1		S2-C2		S3-C3	
		Z	Significativité	Z	Significativité	Z	Significativité
Hyperarticulé	a	-0,674	ns	-1,461	ns	-1,483	ns
	u	-2,023	*	-2,023	*	-2,023	*
Normal	a	-2,023	*	-0,135	ns	-0,447	ns
	u	-2,023	*	-2,023	*	-1,342	ns
Rapide	a	-0,674	ns	-1,826	ns	-1,214	ns
	u	-0,674	ns	-1,826	ns	-1,826	ns

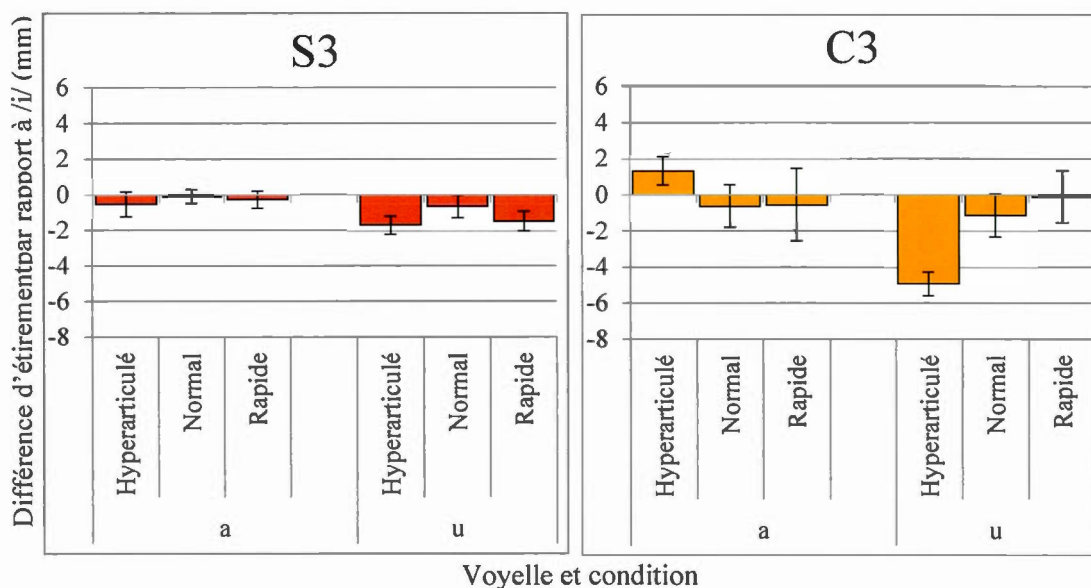
Il est intéressant de remarquer que, pour la condition de parole hyperarticulée, le contraste entre le /u/ et le /i/ donne lieu à des différences significatives pour toutes les paires de participantes. En d'autres mots, les participantes atteintes de la DM1 projettent moins les lèvres vers l'avant dans le /u/, par rapport à ce qu'elles font dans le /i/, que les participantes contrôles. Cette différence, qui est significative pour tous lorsque la consigne est de parler le plus clairement possible (condition de parole hyperarticulée), s'estompe pour la paire S3-C3 dans les deux autres conditions, mais reste bien significative en condition de parole normale pour les deux autres paires de participantes.

3.3.2.3 Étirement

Les valeurs obtenues en ce qui a trait à l'étirement des lèvres sont présentées dans la figure 3.15. L'étirement des lèvres est calculé grâce aux capteurs posés sur les commissures, par rapport à la distance qui les sépare l'un de l'autre, sur l'axe gauche-droite. Ici, afin de mieux pouvoir comparer les sujets entre eux, on prend la différence entre cette distance lors de la production d'un /i/, d'une part, et d'un /a/ ou d'un /u/, d'autre part. Une valeur supérieure à zéro témoigne d'une distance plus grande entre les deux commissures des lèvres – et donc d'un étirement plus important – que pour le /i/.

Figure 3.6 Moyennes et écarts-types des différences d'étirement des lèvres, par rapport à /i/, lors de la production de /a/ et /u/, selon toutes les conditions de parole, pour chaque paire de participants





Si, dans la figure 3.15, beaucoup de valeurs sont négatives, c'est parce que la voyelle /i/ est elle-même plutôt étirée. En général, nos sujets DM1 ne semblent pas utiliser l'étirement de manière importante pour marquer le contraste entre les trois voyelles. Les données pour l'étirement des lèvres ont été soumises aux tests de rangs signés de Wilcoxon; les résultats de ces tests non paramétriques se trouvent dans le tableau 3.13.

Tableau 3.13 Résultats des tests de rangs signés de Wilcoxon pour la différence d'étirement des lèvres de /a/ et /u/ par rapport à /i/, selon les trois conditions de parole, pour chacune des paires de sujets
(ns=non significatif; *=p<0,05; **=p<0,01; ***=p<0,001)

		S1-C1		S2-C2		S3-C3	
		Z	Significativité	Z	Significativité	Z	Significativité
Hyperarticulé	a	-2,023	*	-1,461	ns	-2,023	*
	u	-2,023	*	-2,023	*	-2,023	*
Normal	a	-0,135	ns	-0,674	ns	-0,447	ns
	u	-1,069	ns	-2,023	*	-0,447	ns
Rapide	a	-2,023	*	-1,826	ns	-0,542	ns
	u	-2,023	*	-1,461	ns	-2,023	*

Pour la paire de participantes S1-C1, les conditions de parole hyperarticulée et rapide donnent lieu à des différences significatives quant au contraste d'étirement marquée avec le /i/. En effet, S1 y étire moins le /a/ par rapport au /i/ que C1; de la même manière, C1 étire moins le /u/, par rapport au /i/, que S1. En condition hyperarticulée et normale, C2 montre un contraste significativement plus élevé que S2 pour le /u/ par rapport au /i/. En condition de parole hyperarticulée, C3 étire plus les lèvres pour /a/ par rapport à /i/, et moins pour /u/ par rapport à /i/, que S3. En contrepartie, S3 étire moins les lèvres pour /u/ par rapport à /i/ que C3, lorsqu'il est demandé de parler rapidement.

Les différents résultats obtenus, acoustiques et articulatoires, sont regroupés dans le tableau récapitulatif 3.14, et seront l'objet d'une discussion au chapitre suivant.

Tableau 3.14 Tableau récapitulatif des principaux résultats

Acoustique		S1-C1	S2-C2	S3-C3
Durée	Hyperarticulé	syllabes plus longues pour S1 ***	syllabes plus longues pour S2 *	syllabes plus longues pour C3 ***
	Normal	syllabes plus longues pour S1 ***	syllabes plus longues pour S2 **	syllabes plus longues pour C3 ***
Valeurs formantiques	Rapide	syllabes plus longues pour S1 ***	syllabes plus longues pour S2 ***	syllabes plus longues pour C3 **
	/a/	F1 plus élevé pour S1 *	F1 plus élevé pour S2 **	F1 plus élevé pour C3 ***
	/i/	F1 plus élevé pour C1 *	F1 plus élevé pour S2 ***	F1 plus élevé pour C3 ***
	/u/	F1 plus élevé pour C1 **	F1 plus élevé pour S2 ***	ns
Distances euclidiennes	/a/	ns	F2 plus élevé pour S2 ***	F2 plus élevé pour C3 ***
	/i/	ns	ns	F2 plus élevé pour C3 ***
	/u/	F2 plus élevé pour S1 ***	ns	F2 plus élevé pour S3 ***
Courbure	/a/-/i/	distance plus grande pour C1 **	distance plus grande pour C2 **	distance plus grande pour C3 **
	/i/-/u/	distance plus grande pour C1 **	ns	distance plus grande pour C3 **
	/a/-/u/	ns	ns	distance plus grande pour C3 **
	Hyperarticulé	courbure plus accentuée pour C1 *	courbure plus accentuée pour S2 **	courbure plus accentuée pour S3 **
Langue	/i/	courbure plus accentuée pour C1 *	courbure plus accentuée pour C2 **	ns

								Articulateur	
	Asymétrie	Normal	/u/	ns	courbure plus accentuée pour S2 **	courbure plus accentuée pour C3 ***			
			/a/	ns	ns	courbure plus accentuée pour C3 **			
			/i/	ns	courbure plus accentuée pour C2 **	courbure plus accentuée pour C3 *			
			/u/	courbure plus accentuée pour C1 **	courbure plus accentuée pour C2 ***	courbure plus accentuée pour C3 ***			
		Rapide	/a/	ns	ns	courbure plus accentuée pour C3 *			
			/i/	ns	courbure plus accentuée pour C2 *	courbure plus accentuée pour S3 *			
			/u/	ns	courbure plus accentuée pour S2 **	courbure plus accentuée pour C3 ***			
			/a/	point de courbure plus antérieur pour S1 ***	point de courbure plus antérieur pour S2 *	point de courbure plus antérieur pour C3 **			
	Hyperarticulé	/i/	ns	point de courbure plus antérieur pour S2 **	point de courbure plus antérieur pour C3 ***				
		/u/	ns	point de courbure plus antérieur pour S2 **	point de courbure plus antérieur pour C3 ***				
		/a/	ns	ns	ns				
		/i/	point de courbure plus antérieur pour C1 *	point de courbure plus antérieur pour S2 **	point de courbure plus antérieur pour S3 *				
	Normal	/u/	ns	point de courbure plus antérieur pour S2 **	point de courbure plus antérieur pour C3 ***				
		/a/	ns	ns	point de courbure plus antérieur pour C3 *				
		/i/	ns	ns	point de courbure plus antérieur pour C3 *				
		/u/	ns	point de courbure plus antérieur pour S2 *	point de courbure plus antérieur pour C3 ***				
Rapide	/a/	ns	ns	point de courbure plus antérieur pour C3 *					
	/i/	ns	ns	point de courbure plus antérieur pour C3 *					
	/u/	ns	point de courbure plus antérieur pour S2 *	point de courbure plus antérieur pour C3 ***					

Lèvres	Distances euclidiennes		/i/	langue plus basse pour C1 ***	langue plus basse pour C2 ***	ns
			/u/	langue plus basse pour C1 ***	langue plus basse pour C2 ***	langue plus basse pour S3 **
		/a/-i/		distance plus grande pour S1 **	ns	ns
		/i/-u/		ns	ns	ns
		/a/-u/		distance plus grande pour S1 *	ns	distance plus grande pour C3 **
			/a/ vs /i/	ns	ns	ns
	Ouverture	Hyperarticulé	/u/ vs /i/	/u/ plus fermé par rapport à /i/ pour S1 *	/u/ plus fermé par rapport à /i/ pour S2 *	/u/ plus fermé par rapport à /i/ pour C3 *
			/a/ vs /i/	ns	ns	ns
		Normal	/u/ vs /i/	/u/ plus fermé par rapport à /i/ pour S1 *	/u/ plus fermé par rapport à /i/ pour S2 *	ns
			/a/ vs /i/	/a/ plus ouvert par rapport à /i/ pour S1 *	ns	/a/ plus ouvert par rapport à /i/ pour S3 *
		Rapide	/u/ vs /i/	/u/ plus fermé par rapport à /i/ pour S1 *	ns	/u/ plus fermé par rapport à /i/ pour C3 *
			/a/ vs /i/	ns	ns	ns
	Protrusion	Hyperarticulé	/u/ vs /i/	/u/ plus protrus par rapport à /i/ pour C1 *	/u/ plus protrus par rapport à /i/ pour C2 *	/u/ plus protrus par rapport à /i/ pour C3 *
			/a/ vs /i/	ns	ns	ns

		/i/							
	Normal	/a/ vs /i/	/a/ plus protrus par rapport à /i/ pour S1 *	ns	ns	ns			
		/u/ vs /i/	/u/ plus protrus par rapport à /i/ pour C1 *	/u/ plus protrus par rapport à /i/ pour C2 *	ns	ns			
	Rapide	/a/ vs /i/	ns	ns	ns	ns			
		/u/ vs /i/	ns	ns	ns	ns			
	Hyperarticulé	/a/ vs /i/	/a/ moins étiré par rapport à /i/ pour S1 *	ns	ns	/a/ moins étiré par rapport à /i/ pour S3 *			
		/u/ vs /i/	/u/ moins étiré par rapport à /i/ pour C1 *	/u/ moins étiré par rapport à /i/ pour C2 *	/u/ moins étiré par rapport à /i/ pour C3 *	/u/ moins étiré par rapport à /i/ pour C3 *			
	Normal	/a/ vs /i/	ns	ns	ns	ns			
		/u/ vs /i/	ns	/u/ moins étiré par rapport à /i/ pour C2 *	ns	ns			
	Rapide	/a/ vs /i/	/a/ moins étiré par rapport à /i/ pour S1 *	ns	ns	ns			
		/u/ vs /i/	/u/ moins étiré par rapport à /i/ pour C1 *	ns	ns	/u/ moins étiré par rapport à /i/ pour S3 *			
	Étirement								

CHAPITRE IV

DISCUSSION

4.1 Introduction

Dans cette section, les résultats obtenus à la suite de la collecte et de l'analyse des données seront discutés selon les perspectives acoustique et articulatoire; nous tenterons en parallèle d'établir des liens entre les deux dimensions, d'une part, et avec les informations de la littérature, lorsque possible, d'autre part. Finalement, chacune des participantes DM1 sera dépeinte selon ses particularités acoustiques et articulatoires.

4.2 Dimension acoustique

4.2.1 Durée des syllabes

Les mesures de durée de segments, qu'il s'agisse d'un phonème, d'une syllabe ou d'une phrase, peuvent être un indicateur de la facilité avec laquelle un locuteur produit ces segments. Un locuteur expert arrivera, par exemple, à satisfaire une consigne de parole rapide en diminuant le temps requis pour prononcer chaque segment tout en demeurant intelligible.

Il est donc intéressant de remarquer que les participantes S1 et S2, toutes deux atteintes de la forme congénitale de la dystrophie myotonique de type 1, n'aient pas été en mesure de marquer une différence significative entre la condition de parole

normale et la condition de parole rapide. En fait, la participante S1 n'a pas non plus souligné de manière significative la différence entre la condition de parole hyperarticulée et la condition de parole rapide. On peut donc croire que cette locutrice de 10 ans possède un moins bon contrôle sur sa production de parole, surtout considérant que la locutrice du même âge provenant du groupe contrôle a montré une différence significative entre chacune des conditions de parole. Il est également intéressant de noter que les syllabes de S1 et S2 étaient toujours de plus longue durée que celles de leur contrepartie du groupe contrôle; il peut s'agir d'un indicateur d'une production de parole moins maîtrisée, du moins pour les phonèmes ciblés dans cette étude. Ce constat s'apparente à ce qu'avaient observé Maassen et ses collègues (1995) avec des sujets atteints de la forme classique de la maladie; les chercheurs avaient soulevé que les patients DM1 présentaient des durées significativement plus grandes que les sujets contrôles lorsqu'ils avaient à prononcer des monosyllabes ou des séquences syllabiques. La participante S3 présente des données intéressantes : ses syllabes sont plus courtes que sa pair C3 pour les conditions de parole normale et rapide, mais ne sont pas plus longues pour la condition de parole hyperarticulée, ce qui porte à croire qu'elle ne module pas sa parole selon les consignes aussi aisément que la participante saine C3.

4.2.2 Valeurs formantiques

Les observations précédentes prennent d'autant plus d'importance si l'on pense que les locutrices S1 et S2 n'ont pas fait la preuve de contrastes acoustiques (distances euclidiennes) plus grandes que C1 et C2, respectivement. Au contraire, elles marquaient des contrastes acoustiques soit égaux, soit moindres que leur pair contrôle. Des durées supérieures auraient pu être expliquées si l'on avait également trouvé des voyelles plus contrastées entre elles chez ces locutrices, ce qui n'est pas le cas. Quant à elle, la participante S3, bien qu'elle obtienne des distances euclidiennes significativement moindres que sa contrepartie C3, montre également des durées

significativement plus courtes. Il serait donc risqué de parler ici, malgré l'évidence de voyelles moins distinctes entre elles, d'un moins bon contrôle dans l'atteinte de cibles acoustiques. Si l'on s'intéresse aux mesures en Barks, il est intrigant d'observer le peu de différence entre le patron de F1 et F2 pour le /i/ et pour le /u/. On pourrait penser que, n'eût été de la grande valeur que représente l'écart-type de C1 pour la distance euclidienne acoustique entre /i/ et /u/, la paire S1-C1 aurait été porteuse d'une différence significative sur cette distance, puisque la participante S1 contraste très peu ses /i/ de ses /u/.

4.3 Dimension articulatoire

4.3.1 Langue

4.3.1.1 Courbure

On associe normalement une courbure de langue accentuée avec les voyelles hautes, soit /i/ et /u/ avec le corpus qui nous intéresse. En comparant la participante S1 avec la participante C1, on remarque très peu de différences sur le plan de la courbure avec les voyelles hautes. Si le /i/ a donné lieu à une plus grande courbure en condition hyperarticulée, de même que le /u/ en condition normale, pour le sujet contrôle, la plupart des valeurs étaient similaires des deux côtés. La participante S2, quant à elle, semble recourber plus la langue pour articuler un /u/ qu'un /i/ : en condition hyperarticulée et rapide, sa courbure de langue était plus prononcée que la participante appariée C2, alors que cette dernière produisait les /i/ avec une courbure significativement plus marquée dans toutes les conditions. La participante S3, quant à elle, articule tous les /u/ avec une courbure beaucoup moins accentuée que le sujet contrôle C3. La différence est moins marquée pour les /i/, alors qu'il n'existe pas de contraste significatif entre les participantes en condition hyperarticulée, et que S3 présente une courbure plus forte en condition rapide. Le fait de recourber sa langue dans un effort de l'approcher du palais pour produire des voyelles hautes requiert la

force des muscles intrinsèques de la langue. En général, nos sujets DM1 – surtout S2 et S3 – n’ont pas semblé privilégier cette stratégie articulatoire; nous verrons plus loin comment ils ont pu compenser afin d’atteindre une cible acoustique congruente.

4.3.1.2 Asymétrie

L’asymétrie se rapporte au caractère antérieur – soit plus près de l’apex – ou postérieur – soit plus près de la racine – du point de courbure de la langue lors de l’articulation d’un phonème. Les résultats en ce qui concerne l’asymétrie se divisent en trois patrons nets : les productions de la participante S1 ont donné lieu plus ou moins aux mêmes mesures d’asymétrie que sa pair C1, alors que le point de courbure pour S2 était presque toujours plus antérieur que pour C2, et que celui pour S3 était presque toujours plus postérieur que pour C3. Ces différences pourraient être liées à des stratégies compensatoires, bien qu’il soit difficile à ce stade-ci d’en comprendre la nature exacte.

4.3.1.3 Antériorité

Pour l’antériorité de la langue, le constat ne pourrait être plus clair : chacune de nos participantes DM1 a produit les voyelles du corpus avec la langue significativement plus reculée que les participantes contrôles. En effet, outre pour le /a/ et le /i/ en condition hyperarticulée, pour la deuxième paire de participantes, toutes les voyelles ont entraîné une antériorité nettement plus marquée chez le sujet contrôle que chez le sujet DM1. Considérant que l’antéropostériorité de la langue est une mesure articulatoire associée, d’un point de vue acoustique, au deuxième formant de la voyelle (voir figure 1.1), il est intéressant de remarquer que les valeurs de F2 des participantes DM1 ne soient pas systématiquement moins élevées que celles des sujets contrôles. Effectivement, hormis le /a/ et le /i/ de la participante S3, toutes les voyelles des sujets atteints de la DM1 ont une valeur de F2 ou bien plus élevée que celle de la participante contrôle affiliée, ou bien similaire. Il est donc aisé de penser

que d'autres mouvements articulatoires entrent en jeu pour provoquer un tel comportement acoustique.

4.3.1.4 Hauteur

Le calcul de la hauteur de la langue mène à des résultats plus distincts selon les sujets. D'un côté, S1 et S2 obtiennent à tout coup des valeurs qui correspondent à une langue significativement plus haute que C1 et C2, respectivement. De l'autre, S3 et C3 parviennent à des résultats très similaires, si bien qu'il n'existe que deux différences significatives dans le bilan : la langue de S3 est plus haute pour le /a/ hyperarticulé, et plus basse pour le /u/ rapide. On pourrait se permettre de penser qu'il s'agit ici d'une stratégie compensatoire en lien avec l'asymétrie de la langue. En effet, les résultats de S3 étaient là aussi différents de ceux de S1 et de S2 : rappelons que S3 voyait son point de courbure plus postérieur que celui de C3, alors que les résultats étaient inverses pour S2, et soulevaient très peu de différences significatives pour S1.

Comme nous l'avons vu, il existe plus d'une stratégie articulatoire pour arriver à une cible acoustique donnée. On ne peut donc pas juger adéquatement de la mobilité de la langue en n'en observant qu'une seule caractéristique. Les mesures de distances euclidiennes, qu'elles soient acoustiques ou articulatoires, aident à porter un regard plus juste sur la différenciation des voyelles par un locuteur. En effet, le contraste entre deux voyelles peut passer par plus d'un paramètre, considérant que la grande valeur de l'un peut contrebalancer la petite valeur de l'autre, par exemple. Les distances euclidiennes articulatoires sont ici calculées avec les paramètres d'antériorité et de hauteur de la langue. Si ces paramètres, observés de manière isolée, nous laissent observer d'une part l'antériorité et d'autre part la hauteur de la langue d'un sujet DM1, et comparer ces données avec un sujet contrôle, ils ne nous permettent pas de savoir à quel point un sujet contraste ses voyelles entre elles de manière articulatoire. En revanche, une grande distance euclidienne en regard de l'articulation de la langue nous donne l'indice que les deux voyelles étudiées sont

bien différenciées l'une de l'autre pour le locuteur en question. Parmi nos sujets, S1 semble être celle qui distingue le mieux ses voyelles à l'égard des mouvements de la langue, avec des distances euclidiennes significativement plus grande que sa pair contrôle pour la distance comprise entre /a/ et /i/ et celle comprise entre /a/ et /u/. Puisque ce qui distingue la voyelle /a/ du /i/ et du /u/ est la hauteur de la langue, on est amené à croire que S1 a une très bonne mobilité du styloglosse et du palatoglosse, muscles extrinsèques de la langue qui jouent un rôle dans sa hauteur. La participante S2, quant à elle, ne contraste pas ses voyelles, articulatoirement parlant, de manière significative par rapport à C2. Notre dernière participante, S3, montre une distance significativement plus petite entre /a/ et /u/ que la participante contrôle C3. En examinant les graphiques relatifs aux paramètres isolés de l'antériorité et de la hauteur, on remarque qu'il existe un contraste entre le /a/ et le /u/ sur le plan de l'antériorité, mais beaucoup moins en ce qui a trait à la hauteur; on peut donc imaginer que le sujet S3 ait une moins bonne mobilité des muscles styloglosse et palatoglosse.

Le tableau 4.1 présente en parallèle les distances euclidiennes acoustiques et les distances euclidiennes articulatoires afin qu'elles puissent plus aisément être mises en lien. Nous avons noté plus haut que les distances euclidiennes par rapport aux premier et deuxième formants n'avaient un écart significatif que pour S3 et C3, et pour la condition hyperarticulée de S2 et C2, où elles donnaient chaque fois l'avantage au sujet contrôle.

Tableau 4.1 Comparaison des distances euclidiennes acoustiques et articulatoires

		S1-C1	S2-C2	S3-C3
Distances euclidiennes acoustiques	/a/-/i/	distance plus grande pour C1 **	distance plus grande pour C2 **	distance plus grande pour C3 **
	/i/-/u/	distance plus grande pour C1 **	ns	distance plus grande pour C3 **
	/a/-/u/	ns	ns	distance plus grande pour C3 **
Distances euclidiennes articulatoires	/a/-/i/	distance plus grande pour S1 **	ns	ns
	/i/-/u/	ns	ns	ns
	/a/-/u/	distance plus grande pour S1 *	ns	distance plus grande pour C3 **

Le sujet S1, qui présentait un espace acoustique réduit comparativement à celui du sujet C1, possède en fait des distances euclidiennes articulatoires significativement plus grandes que celles de C1, entre le /a/ et le /i/, et entre le /a/ et le /u/. De son côté, la participante S2 obtenait une distance euclidienne acoustique inférieure à sa pair C2 entre le /a/ et le /i/, mais expose des valeurs de distances euclidiennes articulatoires similaires à celle de C2. Notre dernière participante, quant à elle, démontrait un espace acoustique passablement restreint, lorsque comparé à celui du sujet contrôle C3. Sur le plan de l'articulation de la langue, en revanche, il n'y a que la distance entre le /a/ et le /u/ qui marque une différence significative entre les deux sujets, à l'avantage de C3. Les distances euclidiennes acoustiques et articulatoires ne présentant que peu de symétrie, on peut se douter que d'autres articulations que celles de la langue entrent en jeu.

4.3.2 Lèvres

4.3.2.1 Ouverture

En terme d'ouverture des lèvres, on s'attendra à ce qu'un /a/ soit plus marqué qu'un /i/ ou un /u/. Le /u/ et /i/ possèdent normalement environ le même degré d'aperture – ils sont considérés tous deux des voyelles fermées – mais il est possible que, selon le locuteur, l'un ou l'autre soit plus fermé ou plus ouvert. Par exemple, le /u/ de la participante S1 est plus fermé que celui de la participante C1, si on le compare à leur /i/ respectif. Pour ce qui est du /a/, seules les productions en condition rapide ont permis de détecter une différence entre les sujets; le /a/ de S1 était plus ouvert que celui de C1, toujours par rapport au /i/. Pour ce qui est de la deuxième paire de sujets, le /a/ n'a généré aucune différence d'ouverture. Seul le /u/, en condition de parole hyperarticulée ou rapide, était plus fermé pour S2, par rapport à /i/, que pour C2. Pour la troisième paire, le /u/ était plus fermé par rapport au /i/ pour C3. En condition hyperarticulée, les productions du /a/ entraînaient une plus grande ouverture de la bouche chez S3 que chez C3, par rapport aux productions du /i/. Une autre façon de considérer nos données serait de se pencher sur les contrastes d'ouverture entre les voyelles. En effet, si on observe les valeurs absolues les plus importantes, on se rend compte qu'elles appartiennent souvent aux sujets DM1, surtout si l'on se concentre sur la voyelle marquée /a/. C'est donc dire que ces derniers varient davantage leur degré d'ouverture entre les voyelles que leur pair contrôle respectif. Dans ces tâches où la force d'occlusion de la mâchoire est minimale et où le degré d'ouverture de la mandibule est tout de même assez limité, on est donc porté à croire que les effets de la maladie ont très peu d'impact sur les muscles mandibulaires.

4.3.2.2 Protrusion

Sur le plan de la protrusion, le /u/ est la voyelle de notre corpus la plus accentuée. Nos résultats, voulant que les voyelles /u/ des sujets contrôles soient souvent plus

protruses, par rapport aux /i/, que les /u/ des sujets DM1 – mais jamais le contraire, c'est-à-dire qu'aucun /u/ de sujet DM1 n'est plus protrus qu'un /u/ de sujet contrôle, par rapport à leurs /i/ respectifs – sont donc particulièrement éloquents. En effet, en condition hyperarticulée, tous les sujets DM1 ont marqué un contraste significativement moins important entre la protrusion du /u/ et celle du /i/ que le sujet contrôle associé. En condition normale, c'est le cas pour nos deux sujets atteints de la forme congénitale de la DM1, soit S1 et S2. Par ailleurs, si on ne dénote de différence significative à l'intérieur d'aucune paire de sujets en condition rapide, c'est possiblement parce que les participantes contrôles ont moins pris le temps d'accentuer la caractéristique arrondie du /u/ à cause de la contrainte de vitesse. Le fait de considérer les données relatives aux mouvements des lèvres en calculant la différence entre le /a/ et le /i/, et entre le /u/ et le /i/, a l'avantage de donner directement accès aux contrastes que produit le locuteur entre ses voyelles. À la manière des distances euclidiennes, ces différences nous permettent d'observer que S1 et S2 – surtout –, et S3 – dans une moindre mesure mais tout de même de façon non négligeable – ont plus de mal que leurs pairs contrôles à produire clairement une distinction articulaire de protrusion entre leurs voyelles. Cela nous mène ainsi à penser que les muscles labiaux, particulièrement le muscle orbiculaire de la bouche, serait affecté chez nos patientes DM1, ce qui serait en accord avec les résultats obtenues par Sjögren et collègues (2007) alors qu'ils mesuraient la fonction labiale de sujets (n=50) atteints des formes congénitale, juvénile ou classique de la DM1. Selon ces auteurs, 76% des sujets portaient une atteinte modérée à sévère à la fonction labiale, tel que révélé par des exercices en rapport avec la fermeture et la protrusion des lèvres. Ces mêmes auteurs avaient par ailleurs conclu que 69% des patients qu'ils avaient observés – et dont la plupart était atteints de la forme congénitale ou juvénile de la maladie, rappelons-le – avait une force labiale significativement inférieure à celle du groupe contrôle.

4.3.2.3 Étirement

Lorsque l'on considère les graphiques de la figure 3.15, on s'aperçoit qu'en général, les valeurs – presque toutes négatives, puisque le /i/ est l'une des voyelles les plus étirées – sont plus importantes, de manière absolue, pour les sujets contrôles que pour les sujets DM1. En d'autres mots, les sujets contrôles tendent à avoir un éventail plus large de possibilités d'étirement des lèvres; ils varient davantage le degré d'étirement entre leurs voyelles. Ce constat, particulièrement marqué pour les paires S2-C2 et S3-C3, nous mène à penser que le risorius et les zygomatiques, se retrouvant parmi les muscles responsables de l'étirement des lèvres, seraient moins mobiles chez nos sujets DM1 que chez nos sujets contrôles.

4.4 Portrait global des sujets

4.4.1 Sujet S1

La participante S1, âgée de 10;1 ans au moment du test, et atteinte de la forme congénitale de la DM1, possède certaines caractéristiques intéressantes sur le plan de la production de la parole. Présentant des syllabes dont la durée – par ailleurs considérable – ne varie que très peu au fil des consignes de parole hyperarticulée, normale ou rapide, elle obtient en revanche des distances euclidiennes acoustiques plus petites que celles de la participante contrôle qui lui est appariée. D'un point de vue acoustique, on peut donc penser que notre première participante atteint des cibles de qualité moindre que celles de C1, et qu'elle a besoin de plus de temps pour y arriver. Fait captivant, la distance articulatoire, mesurée avec les paramètres d'antériorité et de hauteur de la langue, entre le /a/ et le /i/, d'une part, et entre le /a/ et le /u/, d'autre part, est supérieure pour S1 que pour C1; ce qui laisse penser que la mobilité de la langue de S1, du moins du côté des muscles extrinsèques, n'est pas atteinte. Du côté des muscles intrinsèques, soit les muscles qui gèrent la forme de la langue, on peut également imaginer que l'atteinte soit minime, sinon nulle. En effet,

les données relatives à la courbure et à l'asymétrie de la langue ne montrent que de légères différences entre nos deux sujets de la première paire. Les muscles mandibulaires semblent assez peu atteints également, si l'on s'en fie aux données d'ouverture de la bouche qui indiquent un plus grand contraste entre voyelles chez S1 que chez C1. L'écart se creuse, toutefois, lorsqu'on en arrive à la mobilité des muscles de la bouche. Effectivement, on remarque que la participante présente moins de contrastes entre ses voyelles que C1 en ce qui a trait à l'étirement des lèvres. De plus, elle marque moins la protrusion que la participante contrôle du même âge. On pourrait donc penser que les mouvements de sa langue – plus grands que ceux de sa collègue C1 – compensent pour le manque de mobilité de ses lèvres, sans que ce soit suffisant pour qu'elle atteigne parfaitement les cibles acoustiques voulues.

4.4.2. Sujet S2

La participante S2, elle aussi atteinte de la forme congénitale de la DM1, était âgée de 13;2 ans lors de la tâche de production. Ses syllabes, toujours plus longues que celles de C2, présentent tout de même une différence quant à la durée entre les conditions hyperarticulée et normale. Par contre, pour ce qui est d'accélérer le débit, on dénote plus de difficulté. Les valeurs formantiques – tant F1 que F2 – de ses /a/ sont plus élevées que celles de la participante contrôle C2; la valeur du premier formant de ses /i/ et de ses /u/ est également plus importante que chez C2. La distance euclidienne acoustique, c'est-à-dire calculée à partir de F1 et F2, entre son /a/ et son /i/ est plus ténue que chez le sujet contrôle associé, mais les distances /a/-/u/ et /i/-/u/ y sont similaires. Du côté articuloire, la participante S2 ne semble pas avoir de mal à recourber sa langue – et donc à gérer les muscles linguaux intrinsèques – puisqu'elle le fait davantage que C2, pour les /u/. Avec les /i/ par contre, la courbure de sa langue est moins prononcée que chez C2; cela pourrait s'expliquer par le fait que sa langue est généralement plus haute que celle de C2, et donc que de la recourber est moins nécessaire pour atteindre le point d'articulation. Pour le /u/ par contre, qui est une

voyelle postérieure, il se pourrait que la courbure soit plus accentuée parce que le point de courbure de S2 est plus antérieur que celui de C2. En revanche, la langue de S2 est toujours plus postérieure que celle de C2, sauf en condition hyperarticulée où elle a un positionnement similaire à celle de C2 pour le /a/ et le /i/. Bien que les paramètres de l'antériorité et de la hauteur donnent lieu à de nombreuses différences entre nos deux sujets, les distances euclidiennes articulatoires, elles, les placent dans la même catégorie, c'est-à-dire que le contraste articulatoire entre chacune des voyelles n'est ni plus ni moins important chez S2 que chez C2. Pour ce qui est des mouvements de la mandibule, notre participante DM1 semble jouer de davantage de contrastes que notre participante saine, particulièrement entre le /i/ et le /u/. Pour les muscles des lèvres, notamment le muscle orbiculaire de la bouche, le risorius et les zygomatiques, les mouvements semblent plus limités. En effet, la protrusion du /u/ est beaucoup plus importante chez le sujet contrôle que chez notre participante DM1, et la variabilité dans le degré d'étirement est supérieure chez C2 que chez S2. Le bilan de notre deuxième participante ressemble en beaucoup de points à celui de la première, et nous pouvons ici aussi penser que la langue effectue des mouvements compensatoires pour pallier la faiblesse des lèvres.

4.4.3. Sujet S3

La troisième participante, âgée lors des évaluations de 15;9 ans, et atteinte de la forme juvénile de la dystrophie myotonique de type 1, présente des résultats passablement différents de ceux de ses consœurs atteintes de la forme congénitale. D'abord, son débit est beaucoup plus rapide, si bien que ses syllabes sont significativement plus courtes que celles de la participante contrôle qui lui est associée. Ensuite, elle arrive à nuancer, sur le plan des durées, et ce même si elle produit des syllabes très brèves, les trois conditions de parole. Par ailleurs, elle est la seule des trois sujets DM1 dont toutes les distances euclidiennes, du point de vue acoustique, sont significativement moindres que celles du sujet contrôle

correspondant. Or, il est difficile de connaître le rôle de la durée dans ce contraste si peu marqué entre les voyelles. De plus amples différences entre S3 et ses jeunes consœurs résident dans la forme de la langue lors de la production des voyelles; en effet, la courbure est moins accentuée chez S3 que chez la participante contrôle C3, et son point de courbure est plus postérieur. Pour ce qui est du positionnement de la langue dans la bouche, on note que cette troisième participante recule davantage la langue pour former des voyelles que le sujet contrôle C3. Cette dernière observation est conforme à ce qui se passait chez nos deux autres sujets DM1. Toutefois, il n'y a pas de différence significative entre S3 et C3 en ce qui concerne la hauteur de l'articulateur lingual, alors que nos deux autres sujets positionnaient leur langue plus bas que leur participante contrôle respective. D'une perspective articulatoire, S3 présente une distance euclidienne plus petite entre /a/ et /u/ que le sujet contrôle C3. On peut imaginer que les stratégies articulatoires linguales de S3 soient différentes de celles de S1 et S2 parce que les atteintes des muscles labiaux ne sont pas de la même envergure. Effectivement, il semble qu'il y ait moins de différence entre S3 et C3 qu'il y en a pour les autres paires, lorsqu'on les compare sur le plan de la protrusion et de l'étirement des lèvres. Les données sur l'ouverture, quant à elles, ne nous permettent pas de déceler de grandes différences entre les deux sujets de la dernière paire, sinon que le /a/ de S3, en condition rapide, est plus ouvert que celui de C3, ce qui s'apparente à ce qu'on avait vu pour la première paire.

4.5. Conclusion

Il serait bien peu aisé de tirer des conclusions robustes à partir d'une cohorte comme la nôtre, mais nous croyons tout de même que nos observations tendent à concorder avec les résultats de Sjögren (2010), qui veulent que les patients atteints de la forme congénitale présentent davantage de difficultés oromotrices que ceux atteints de la forme juvénile. Nous croyons également que les effets de la DM1 sur la production de la parole sont les plus considérables pour l'articulation labiale, bien que

l'articulation linguale ne soit pas intouchée. Ce constat corroborerait les chiffres obtenus par Sjögren et ses collègues (2007), qui plaçaient les atteintes aux muscles des lèvres en première position (76% des sujets étaient considérés comme ayant une atteinte modérée à sévère à la fonction labiale, et 69% des sujets étaient jugés comme possédant une force labiale inférieure à la moyenne) des effets de la maladie sur la fonction orofaciale, suivi par les muscles de la langue (les auteurs considéraient que 52% des sujets avaient une atteinte modérée à sévère à la fonction linguale). Nos résultats acoustiques peuvent donner l'indice d'une dysarthrie légère à modérée, défaut d'articulation décelé chez les patients DM1 par plusieurs auteurs (De Die-Smulders, 2007; de Swart et al, 2007; Maassen et al., 1995).

CHAPITRE V

CONCLUSION

Le présent mémoire avait comme objectif d'investiguer les effets d'une maladie neuromusculaire, la dystrophie myotonique de type 1, sur la production de la parole en français. Pour y arriver, nous avons élaboré une étude acoustique et articulatoire visant à comparer la production des voyelles cardinales /a/, /i/ et /u/ de trois sujets atteints de la DM1 avec celle de trois sujets sains. Les études se penchant sur les implications orofaciales de la dystrophie myotonique de type 1 sont peu nombreuses, mais elles nous apprennent tout de même que la faiblesse musculaire qui en découle peut être considérable, tant sur le plan des muscles labiaux que des muscles linguaux. Nous connaissions aussi, grâce à la littérature sur le sujet, le caractère complexe de la DM1. En effet, sachant que cette maladie peut toucher plusieurs systèmes du corps humain et que son atteinte est extrêmement variable d'un individu à l'autre, nous avons choisi de présenter nos observations sous forme d'études de cas multiples. L'analyse acoustique comprenait des mesures de durées ainsi que des mesures formantiques. Du côté articulatoire, la forme et le positionnement de la langue étaient observés grâce à des images ultrasons, et les mouvements des lèvres étaient étudiés à l'aide d'un système de suivi de capteurs. Nos résultats semblent indiquer que la dystrophie myotonique de type 1 a bel et bien des effets sur la parole, tant sur le plan acoustique qu'articulatoire. Bien qu'ils soient variables, ces effets ne pourraient être négligés, et nous encourageons la recherche objective et qualitative en ce sens.

Il est important de comprendre que nos analyses statistiques ont été effectuées dans le but de comparer certains paramètres de la parole d'une locutrice atteinte de DM1 avec ceux d'une locutrice saine; on ne pourrait généraliser nos observations à toute la population DM1, surtout considérant la grande variabilité de la maladie. De plus, il faut garder en tête que la parole est un phénomène qui donne lieu à certaines variations individuelles et même intra-individuelles. Par exemple, deux locuteurs n'obtiendront jamais exactement les mêmes valeurs formantiques pour une voyelle donnée, tout comme une même personne peut obtenir des valeurs légèrement différentes d'une production à l'autre.

Évidemment, certaines modifications pourraient être apportées à l'étude si l'on souhaitait considérer d'autres points de vue, ou encore s'attarder plus longuement sur l'un ou l'autre des paramètres analysés. Par exemple, pour les durées des syllabes, nos résultats auraient pu varier si la syllabe-cible n'avait pas été en attaque de la phrase porteuse. Il serait intéressant, dans une prochaine étude, de placer cette syllabe-cible au centre ou à la fin de la phrase. Il serait pertinent également de mener cette étude sur un plus grand nombre de participants pour déterminer si les tendances observées semblent se généraliser, malgré la variabilité de la DM1. Puisque l'étude de Maassen (1995) avait permis d'apprendre, grâce à des mesures de durée, que les consonnes occlusives entraînaient plus de difficultés à la production, pour les patients DM1, que les consonnes fricatives, il serait intéressant d'analyser de manière articulatoire nos segments consonantiques afin de mieux comprendre ces difficultés de production. De plus, nous croyons important de mettre en lien nos observations acoustiques et articulatoires avec les résultats d'un test de perception multimodale. Ainsi, nous pourrions déterminer quelles caractéristiques de la parole DM1 est associée à une perte d'intelligibilité, s'il y a lieu. Finalement, comme notre étude n'a pas permis d'observer l'effet de la myotonie dans la production de la parole, il serait d'intérêt d'adresser cet angle lors d'une recherche future.

Pour conclure, nous tenons à encourager la recherche en parole dans la sphère des maladies neuromusculaires. Notre étude – la première en français sur le sujet – a démontré la faisabilité de ce genre de projet. En effet, malgré le jeune âge des participantes et le caractère nouveau de notre protocole expérimental dans le domaine des maladies neuromusculaires, nous avons pu mener à bien une recherche rigoureuse qui saura, on n'en doute aucunement, compléter le jugement subjectif de l'orthophoniste lors de l'évaluation et de l'intervention chez les patients atteints de dystrophie myotonique de type 1.

RÉFÉRENCES

- Barbier, G., Perrier, P., Ménard, L., Tiede, M., & Perkell, J. (2013). *Token-to-token variability and anticipatory coarticulation as indicators of maturity of speech motor control in 4-year-old children*. Paper presented at the 21st International Congress on Acoustics (ICA 2013) - 165th Meeting of the Acoustical Society of America, Montréal, Canada.
- Bouhour, F., Bost, M., & Vial, C. (2007). Steinert disease. *Presse Med*, 36(6 Pt 2), 965-971. doi: 10.1016/j.lpm.2007.01.002
- de Swart, B. J., van Engelen, B. G., & Maassen, B. A. (2007). Warming up improves speech production in patients with adult onset myotonic dystrophy. *J Commun Disord*, 40(3), 185-195. doi: 10.1016/j.jcomdis.2006.06.005
- de Swart, B. J., van Engelen, B. G., van de Kerkhof, J. P., & Maassen, B. A. (2004). Myotonia and flaccid dysarthria in patients with adult onset myotonic dystrophy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 75(10), 1480-1482. doi: 10.1136/jnnp.2003.032151
- Desjardins, P. (2012). *Évaluation de la capacité fonctionnelle chez des patients atteints de la dystrophie myotonique de type 1*. (Maîtrise en médecine expérimentale Mémoire), Université Laval et Université du Québec à Chicoutimi.
- De Die Smulders, C.E.M. (2000) Long-term clinical and genetic studies in myotonic dystrophy. Maastricht : Maastricht University Press
- Dubowitz, V. (1995). Muscle disorders in childhood. London: Saunders
- Ercolin, B., Sassi, F., Mangilli, L., Mendonça, L., Limongi, S., & Andrade, C. (2013). Oral Motor Movements and Swallowing in Patients with Myotonic Dystrophy Type 1. *Dysphagia*, 28(3), 446-454. doi: 10.1007/s00455-013-9458-9

- Fujimura, O., & Erickson, D. (1997). Acoustic Phonetics. In W. J. Hardcastle & J. Laver (Eds.), *The Handbook of Phonetic Sciences* (pp. 65-115). Oxford: Blackwell Publishers.
- Guimaraes, A. S., Carlsson, G. E., & Marie, S. K. (2007). Bite force and handgrip force in patients with molecular diagnosis of myotonic dystrophy. *J Oral Rehabil*, 34(3), 195-200. doi: 10.1111/j.1365-2842.2006.01665.x
- Guimaraes, A. S., Suazo, G. I., & Nagahashi Marie, S. K. (2010). Fenómeno miotónico orofacial en pacientes con distrofia miotónica de Steiner. *Avances en odontoestomatología*, 26(3), 139-142.
- Harper, S. P. (2001). *Myotonic Dystrophy, Third Edition* (Vol. 37). London: W. B. Saunders.
- Harper, S. P. (2009). *Myotonic Dystrophy* (2nd ed.). Oxford: Oxford University Press.
- Kent, R. D. (1997). *The Speech Sciences*. San Diego: Singular Publishing Group.
- Ladefoged, P. (1997). Instrumental Techniques for Fieldwork. In W. J. Hardcastle & J. Laver (Eds.), *The Handbook of Phonetic Sciences* (pp. 137-166). Oxford: Blackwell Publishers.
- Li, M., Kambhamettu, C., & Stone, M. (2005). Automatic contour tracking in ultrasound images. *Clinical linguistics & phonetics*, 19(6-7), 545-554.
- Maassen, B. A., ter Bruggen, J. P., Nanninga-Korver, A., van Spaendonck, K., Weyn-Banningh, L., & Gabreëls, F. (1995). Quantitative assessment of speech in myotonic dystrophy. *Journal of Neurology*, 242(3), 3.
- Martin, P. (1996). *Éléments de phonétique avec application au français*. Ste-Foy: Les Presses de l'Université Laval.
- McFarland, D.H. (2006). *L'anatomie en orthophonie : parole, déglutition et audition, atlas commenté*. Paris : Elsevier Masson.
- Ménard, L., Aubin, J., Thibeault, M., & Richard, G. (2011). Measuring tongue shapes and positions with ultrasound imaging: a validation experiment using an articulatory model. *Folia phoniatrica et logopaedica: official organ of the International Association of Logopedics and Phoniatrics (IALP)*, 64(2), 64-72.

- The MIT encyclopedia of communication disorders*. (2004). (R. D. Kent Ed.). Massachusetts: The MIT Press.
- Netter, F. H. (2011). *Atlas d'anatomie humaine* (5th ed.). Paris: Elsevier Masson.
- Noiray, A., Menard, L., & Iskarous, K. (2013). The development of motor synergies in children: ultrasound and acoustic measurements. *J Acoust Soc Am*, 133(1), 444-452. doi: 10.1121/1.4763983
- Ödman, C., & Kiliaridis, S. (1996). Masticatory muscle activity in myotonic dystrophy patients. *Journal of Oral Rehabilitation*, 23 (1), 1365-2842. doi: 10.1111/j.1365-2842.1996.tb00804.x
- Rubinsztein, J., Rubinsztein, D., Goodburn, S., & Holland, A. (1998). Apathy and hypersomnia are common features of myotonic dystrophy. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 64(4), 510-515.
- Salomonson, J., Kawamoto, H., & Wilson, L. (1988). Velopharyngeal incompetence as the presenting symptom of myotonic dystrophy. *Cleft Palate J*, 25(3), 296-300.
- Schara, U., & Schoser, B. G. (2006). Myotonic dystrophies type 1 and 2: a summary on current aspects. *Semin Pediatr Neurol*, 13(2), 71-79. doi: 10.1016/j.spen.2006.06.002
- Serratrice, G., Pellissier, J.-F., & Pouget, J. (1997). *Les maladies neuromusculaires*. Paris: Masson.
- Silva-Rojas, A., Ysunza, A., Diaz-Torres, D., Bardales-Lazcano, M., & Pamplona, M. C. (2012). Velopharyngeal insufficiency as the initial manifestation of a Myotonic Dystrophy type 1: A case report. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology Extra*, 7(4), 190-192. doi: 10.1016/j.pedex.2012.09.004
- Sjögreen, L., Engvall, M., Ekstrom, A. B., Lohmander, A., Kiliaridis, S., & Tulinius, M. (2006). Orofacial dysfunction in children and adolescents with myotonic dystrophy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49, 18-22.
- Sjogreen, L., Lohmander, A., & Kiliaridis, S. (2011). Exploring quantitative methods for evaluation of lip function. *J Oral Rehabil*, 38(6), 410-422. doi: 10.1111/j.1365-2842.2010.02168.x

- Sjögreen, L. (2010). *Orofacial dysfunction in children and adolescents with myotonic dystrophy type 1: evaluation and intervention*. (Ph. D.), The Sahlgrenska Academy at University of Gothenburg, Gothenburg, Sweden.
- Stevens, K. N. (1998). *Acoustic Phonetics*. Cambridge: The MIT Press.
- Van der Werf, S., Kalkman, J., Bleijenberg, G., Van Engelen, B., Schillings, M., & Zwarts, M. (2003). The relation between daytime sleepiness, fatigue, and reduced motivation in patients with adult onset myotonic dystrophy. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 74(1), 138-139.
- Veillette, S., Perron, M., & Desbiens, F. (1986). La dystrophie myotonique: Étude épidémiologique et socio-géographique au Saguenay-Lac-St-Jean. Jonquière.
- Whalen, D. H., Iskarous, K., Tiede, M. K., Ostry, D. J., Lehnert-LeHouillier, H., Vatikiotis-Bateson, E., & Hailey, D. S. (2005). The Haskins optically corrected ultrasound system (HOCUS). *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 48(3), 543-553.